

PCT/FR2004/050740
24 DEC. 2004

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le

30 NOV. 2004

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

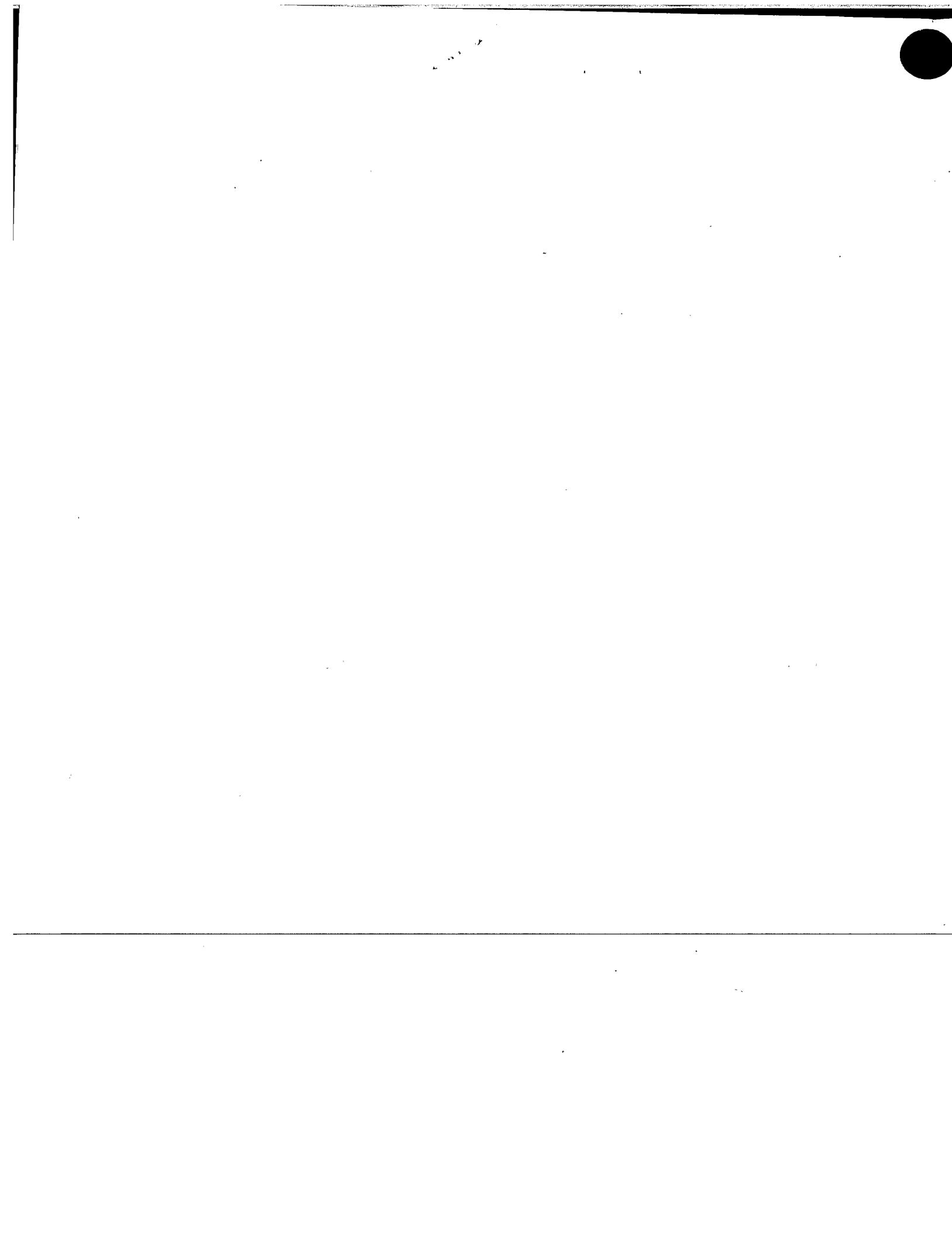
DOCUMENT DE PRIORITÉ

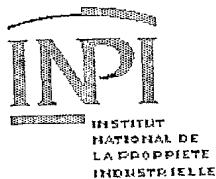
PRÉSENTÉ OU TRANSMIS
CONFORMÉMENT À LA
RÈGLE 17.1.a) OU b)

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE

26 bis, rue de Saint-Petersbourg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr





BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

26bis, rue de Saint-Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone: 01 53.04.53.04 Télécopie: 01.42.94.86.54

Code de la propriété intellectuelle-livreVI

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

DATE DE REMISE DES PIÈCES: N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL: DÉPARTEMENT DE DÉPÔT: DATE DE DÉPÔT:	Jean LEHU BREVATOME 3, rue du Docteur Lancereaux 75008 PARIS France
Vos références pour ce dossier: B 14434 CS DD 2596	

1 NATURE DE LA DEMANDE

Demande de brevet

2 TITRE DE L'INVENTION

MODULE DE DEFLEXION OPTIQUE

3 DECLARATION DE PRIORITE OU REQUETE DU BENEFICE DE LA DATE DE DEPOT D'UNE DEMANDE ANTERIEURE FRANCAISE

Pays ou organisation Date N°

4-1 DEMANDEUR

Nom	COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE		
Rue	31-33, rue de la Fédération		
Code postal et ville	75752 PARIS 15ème		
Pays	France		
Nationalité	France		
Forme juridique	Etablissement Public de Caractère Scientifique, technique et Ind		

5A MANDATAIRE

Nom	LEHU
Prénom	Jean
Qualité	Liste spéciale: 422-5 S/002, Pouvoir général: 7068
Cabinet ou Société	BREVATOME
Rue	3, rue du Docteur Lancereaux
Code postal et ville	75008 PARIS
N° de téléphone	01 53 83 94 00
N° de télécopie	01 45 63 83 33
Courrier électronique	brevets.patents@brevalex.com

6 DOCUMENTS ET FICHIERS JOINTS

	Fichier électronique	Pages	Détails
Texte du brevet	textebrevet.pdf	51	D 42, R 8, AB 1
Dessins	dessins.pdf	12	page 12, figures 31, Abrégé: page 1, Fig.1

Désignation d'inventeurs
Pouvoir général

7 MODE DE PAIEMENT

Mode de paiement	Prélèvement du compte courant
Numéro du compte client	024

8 RAPPORT DE RECHERCHE

Etablissement immédiat

9 REDEVANCES JOINTES

	Devise	Taux	Quantité	Montant à payer
062 Dépôt	EURO	0.00	1.00	0.00
063 Rapport de recherche (R.R.)	EURO	320.00	1.00	320.00
068 Revendication à partir de la 11ème	EURO	15.00	26.00	390.00
Total à acquitter	EURO			710.00

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire.
 Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

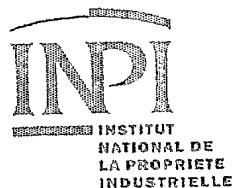
Signé par

Signataire: FR, Brevatome, J.Lehu

Emetteur du certificat: DE, D-Trust GmbH, D-Trust for EPO 2.0

Fonction

Mandataire agréé (Mandataire 1)



BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITE

Réception électronique d'une soumission

Il est certifié par la présente qu'une demande de brevet (ou de certificat d'utilité) a été reçue par le biais du dépôt électronique sécurisé de l'INPI. Après réception, un numéro d'enregistrement et une date de réception ont été attribués automatiquement.

Demande de brevet : X

Demande de CU :

DATE DE RECEPTION	23 décembre 2003	Dépôt en ligne: X Dépôt sur support CD:
TYPE DE DEPOT	INPI (PARIS) - Dépôt électronique	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUE PAR L'INPI	0351184	
Vos références pour ce dossier	B 14434 CS DD 2596	

DEMANDEUR

Nom ou dénomination sociale	COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE
Nombre de demandeur(s)	1
Pays	FR

TITRE DE L'INVENTION

MODULE DE DEFLEXION OPTIQUE

DOCUMENTS ENVOYES

package-data.xml	Requetefr.PDF	application-body.xml
Design.PDF	ValidLog.PDF	fee-sheet.xml
FR-office-specific-info.xml	Comment.PDF	textebrevet.pdf
dessins.pdf	indication-bio-deposit.xml	request.xml

EFFECTUE PAR

Effectué par:	J.Lehu
Date et heure de réception électronique:	23 décembre 2003 15:56:15
Empreinte officielle du dépôt	E6:DB:FF:A0:EB:E7:74:75:EE:C0:CC:DB:AC:18:4B:91:5A:BE:78:BA

/ INPI PARIS, Section Dépôt /

SIEGE SOCIAL
 INSTITUT 26 bis, rue de Saint Petersbourg
 NATIONAL DE 75800 PARIS codex 08
 LA PROPRIETE Téléphone : 01 53 04 53 04
 INDUSTRIELLE Télécopie : 01 42 93 59 30

MODULE DE DEFLEXION OPTIQUE

DESCRIPTION

5 DOMAINE TECHNIQUE

La présente invention concerne un module de défexion optique. Un module de défexion optique permet de dévier un faisceau optique incident.

Les domaines d'application de ces modules de défexion sont nombreux par exemple, le routage d'informations transportées par fibres optiques, le stockage d'informations, l'inspection de surface par voies optiques, la télémétrie et plus particulièrement tous les secteurs demandant un balayage spatial, en particulier incrémental de faisceaux optiques.

ETAT DE LA TECHNIQUE ANTERIEURE

Le développement des systèmes de télécommunication à haut débit notamment de type DWDM (abrégation de Dense Wavelength Division Multiplexing soit multiplexage en longueur d'onde dense) rend les modules de défexion optique essentiels, ce sont des briques de base dans les architectures actuellement développées. De nos jours les modules de défexion sont réalisés à base de miroirs tournants, de cellules acousto-optiques, de réseaux de diffraction adressables électriquement.

Les modules de défexion à miroir tournant comme ceux montrés dans le document [1] dont les références se trouvent en fin de description,

comportent généralement un miroir tournant apte à prendre un grand nombre de positions angulaires. Le miroir coopère avec des moyens d'actionnement qui peuvent être des commandes électrostatiques analogiques. Ces moyens d'actionnement consomment beaucoup d'énergie et nécessitent une alimentation puissante et encombrante. La commande analogique nécessite des asservissements électroniques très complexes et difficiles à gérer. Dans tous les cas le module de déflexion et son actionnement sont difficilement intégrables dans des systèmes pour lesquels l'encombrement est un paramètre critique. Ces composants ne sont pas compatibles avec des méthodes de fabrication collective mises en jeu dans les micro-technologies, leur rendement de fabrication est faible. Ce type de composant optique possède des limitations en terme d'industrialisation dues à sa complexité aussi bien au niveau de la fabrication, que du fonctionnement.

Il a également été proposé notamment dans les documents [2] et [3] dont les références se trouvent en fin de description, un module de déflexion optique et un dispositif de routage optique utilisant de tels modules de déflexion optique. Un module de déflexion optique est un simple élément de déflexion apte à prendre un nombre limité de positions angulaires. Entre deux modules de déflexion successifs est inséré un élément de conjugaison optique. On peut se référer aux figures 13A, 13B qui montrent un dispositif de routage dérivé de l'enseignement de ces documents. Sur ces figures il y a, en cascade, deux éléments de

déflexion 100 séparés par un élément de conjugaison optique 108. Le dernier élément de déflexion 100 est suivi par un élément de conjugaison optique 108. En amont des éléments de déflexion 100 est placé un élément de mise en forme 104. Les deux figures 13A, 13B se distinguent l'une de l'autre par le fait que les éléments de déflexion 100 sont orientables selon des axes y, x distincts perpendiculaires. Chaque élément de déflexion 100 est apte à fournir à partir d'un faisceau optique d'entrée ϕ_{1a} ayant une direction donnée δ_1 un faisceau optique de sortie ϕ_{2a} ayant une direction de propagation prise parmi un ensemble de directions potentielles $\delta_{20}, \delta_{21}, \dots$

Un tel dispositif de routage permet, avec plusieurs modules de déflexion 100, de multiplier le nombre de positions angulaires potentielles pour le faisceau optique de sortie du module. Ces modules de déflexion sont conçus pour développer une architecture tridimensionnelle. Les éléments de conjugaison optique 108 et l'élément de mise en forme 104 sont positionnés selon des axes distincts sécants. Cette architecture pose problème lors de la fabrication, du fait de la complexité de l'encapsulation. Ces dispositifs routage sont donc également encombrants. Leur utilisation n'est pas aisée non plus, ils nécessitent un réglage du positionnement des éléments de déflexion qui est délicat. Un même élément de déflexion peut posséder deux axes de rotation distincts.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

La présente invention a justement comme but de proposer un module de déflexion optique apte à entrer dans la composition de dispositifs de routage 5 qui ne présentent pas les inconvénients mentionnés ci-dessus notamment l'encombrement, la complexité de fabrication et de fonctionnement.

Un autre but de l'invention est de proposer un module de déflexion qui soit aisément réalisable en 10 micro-technologie.

Un autre but de l'invention est de proposer un module de déflexion optique ayant un élément de déflexion apte à prendre des positions de déflexion discrètes prédéterminées, parfaitement reproductibles, 15 qui ne nécessitent aucun asservissement électronique.

Pour atteindre ces buts, l'invention propose un module de déflexion optique avec plusieurs éléments de déflexion agencés de manière à posséder un unique axe optique. Un tel module de déflexion possède 20 une structure simple et compacte.

Plus précisément, la présente invention concerne un module de déflexion optique apte à fournir :

- à partir d'un faisceau optique d'entrée 25 ayant une direction de propagation donnée, un faisceau optique de sortie ayant une direction de propagation prise dans un premier ensemble de directions potentielles, ou

- à partir d'un faisceau optique d'entrée 30 ayant une direction de propagation prise dans un second ensemble de directions potentielles, un faisceau

optique de sortie ayant une direction de propagation donnée,

caractérisé en ce qu'il comporte un unique élément de déflexion du faisceau optique d'entrée apte à prendre plusieurs positions potentielles qui sont en relation avec les directions potentielles du premier ensemble ou du second ensemble et au moins un élément de renvoi fixe disposé en amont ou en aval de l'élément de déflexion, une position potentielle principale de l'élément de déflexion conduisant à une direction principale du premier ensemble ou du second ensemble, cette direction principale étant colinéaire ou parallèle avec la direction de propagation donnée du faisceau optique d'entrée ou du faisceau optique de sortie.

L'utilisation d'au moins un élément de renvoi fixe associé à un élément de déflexion permet de linéariser le module de déflexion et donc une structure intégrant le module de déflexion. Cela signifie notamment que des éléments optiques placés de part et d'autre d'un tel module de déflexion auront leurs axes optiques parallèles ou colinéaires.

Dans un mode de réalisation particulièrement avantageux, il comporte deux éléments de renvoi fixes, situés de part et d'autre de l'élément de déflexion. Ce mode de réalisation conduit à ce que la direction potentielle principale et la direction donnée soient colinéaires et plus seulement parallèles.

La direction donnée est soit une direction fixe, soit est prise parmi plusieurs directions potentielles.

Il est avantageux que le premier ou le second ensemble de directions potentielles comporte des directions discrètes prédéterminées de manière à réduire la complexité des circuits de commande de 5 l'élément de déflexion. La commande est alors avantageusement numérique.

L'élément de déflexion peut être un miroir.

Il en est de même pour l'élément de renvoi.

Dans un souci de simplification, au moins 10 une position potentielle de l'élément de déflexion est une position discrète mécaniquement prédéterminée. Le fonctionnement d'un tel élément de déflexion est parfaitement reproductible d'une utilisation à une autre ou bien d'un élément de déflexion à un élément de 15 déflexion voisin.

Une butée peut définir au moins une position mécaniquement prédéterminée de l'élément de déflexion en l'arrêtant.

Pour augmenter le nombre de positions 20 mécaniquement prédéterminées, la butée peut être une butée double comprenant une languette apte à prendre deux positions distinctes, dans l'une des positions la languette étant fléchie.

En variante, une languette solidaire de 25 l'élément de déflexion peut être employée, cette languette étant apte à prendre deux positions distinctes en appui sur la butée, dans une de ces positions la languette étant fléchie.

Il est possible que la position potentielle 30 principale de l'élément de déflexion soit une position dans laquelle il est au repos.

L'élément de déflexion peut se déplacer en rotation autour d'un axe perpendiculaire à au moins une des directions potentielles.

En variante, l'élément de déflexion peut se déplacer en rotation autour d'un axe contenu dans un plan formé par la direction donnée et la direction potentielle principale.

Dans une autre variante, l'élément de déflexion comporte au moins deux faces réfléchissantes positionnées dans des plans différents, cet élément étant apte à se déplacer en translation de façon à générer une rotation des plans suivant un axe formé par l'intersection desdits plans. Ainsi, la translation est équivalente à une rotation des plans suivant un axe formé par l'intersection desdits plans.

L'élément de déflexion peut comporter un bras de liaison qui le relie à une partie fixe.

L'élément de déflexion peut être placé sur un socle mobile.

Dans cette dernière configuration, le socle mobile peut être solidaire d'au moins un bras de liaison qui le relie à une partie fixe.

Le module de déflexion optique comporte également des moyens d'actionnement de l'élément de déflexion qui peuvent être de type électrostatique et comporter au moins une paire d'électrodes, éventuellement en peigne interdigitées.

Le module de déflexion optique peut aussi comporter des conduits pour permettre la propagation des faisceaux optiques d'entrée et de sortie.

Le module de déflexion optique peut être réalisé au moins partiellement par des techniques employées en micro-électrique et/ou par des techniques de moulage et/ou par des techniques de report.

5 Lorsqu'il y a deux éléments de renvoi, il est préférable qu'ils soient symétriques par rapport à un plan perpendiculaire à la direction de propagation potentielle principale.

10 La présente invention concerne également une matrice de déflexion optique qui comporte une pluralité de modules de déflexion optique ainsi caractérisés dont les éléments de déflexion possèdent un plan de déflexion, les modules étant placés dans un même plan.

15 Ainsi, les plans de déflexion des éléments de déflexion dans leur position principale peuvent être parallèles ou confondus.

20 Les modules de déflexion optique de la matrice seront avantageusement arrangés en au moins une ligne et/ou au moins une colonne.

Deux modules de déflexion optique successifs dans une ligne peuvent être séparés par un élément de conjugaison optique.

25 Dans une configuration avec des modules de déflexion dotés de deux éléments de renvoi, dans une même ligne, des éléments de conjugaison optique ont des axes optiques colinéaires.

30 Lorsque la matrice comporte plusieurs modules de déflexion optique en colonne et que les faisceaux optiques ont chacun une direction de

propagation fixe, les directions de propagation sont de préférence parallèles.

Lorsqu'une matrice de déflexion optique comporte plusieurs colonnes, les éléments de conjugaison optique séparant deux modules de déflexion optique appartenant à des colonnes successives peuvent être regroupés en barrette.

Les modules de déflexion optique de la matrice de déflexion optique peuvent être groupés sur un substrat commun qui inclut au moins un logement pour un ou plusieurs éléments de conjugaison optique.

Au moins une partie des modules de déflexion est groupée sur un substrat commun, ce substrat comprenant des moyens de support du reste des modules et au moins un logement pour recevoir un ou plusieurs éléments de conjugaison optique.

La présente invention concerne également un dispositif de routage destiné à coupler chacune d'une pluralité de voies optiques d'entrée à l'une quelconque d'une pluralité de voies optiques de sortie véhiculant des faisceaux optiques. Il comporte une matrice de déflexion optique d'entrée ainsi caractérisée reliée aux voies optiques d'entrée, une matrice de déflexion optique de sortie ainsi caractérisée, reliée aux voies optiques de sortie et un module de liaison entre les deux matrices de déflexion optique d'entrée et de sortie.

Le dispositif de routage comporte de préférence, en amont de la matrice de déflexion d'entrée, un module de mise en forme des faisceaux optiques véhiculés par les voies d'entrée.

De manière similaire, il peut comporter, en aval de la matrice de déflexion optique de sortie, un module de mise en forme des faisceaux optiques devant être véhiculés par les voies de sortie.

5 Avantageusement, les voies optiques d'entrée et les voies optiques de sortie sont parallèles entre elles.

Au moins un dispositif de renvoi peut être placé entre la matrice de déflexion optique d'entrée et 10 le module de liaison et/ou entre le module de liaison et la matrice de déflexion optique de sortie.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description d'exemples de réalisation 15 donnés, à titre purement indicatif et nullement limitatif, en faisant référence aux dessins annexés sur lesquels :

- les figures 1A, 1B, 1C montrent en vue de dessus plusieurs exemples d'un module de déflexion optique selon l'invention ;

- la figure 2 montre un premier exemple de matrice de déflexion optique selon l'invention ;

- les figures 3A, 3B, 3C montrent des exemples de matrices de déflexion optique selon 25 l'invention employées dans des dispositifs de routage selon l'invention ;

- les figures 4A, 4B montrent respectivement une matrice de déflexion optique selon l'invention gravée au sein d'un substrat et un substrat auxiliaire portant des électrodes des moyens 30

d'actionnement des modules de déflexion optique composant cette matrice de déflexion optique ;

- les figures 5A à 5D illustrent différentes étapes de fabrication d'un module de 5 déflexion optique selon l'invention ;

- les figures 6A à 6F illustrent deux exemples de modules de déflexion optique selon l'invention à double butée ;

10 - les figures 7A et 7B montrent un autre exemple de module de déflexion optique selon l'invention avec des moyens d'actionnement de type peigne intergigité ;

15 - la figure 8A illustre un module de déflexion optique selon l'invention dans lequel l'élément de déflexion est mobile en translation, la figure 8B montrant un élément de déflexion apte à se substituer à l'élément de déflexion de la figure 8A ;

20 - la figure 9 illustre une matrice de déflexion optique selon l'invention dont les faisceaux optiques d'entrée et de sortie sont non parallèles entre eux ;

- la figure 10 illustre un dispositif de routage selon l'invention dans lequel les matrices de déflexion optique sont dans des plans non parallèles ;

25 - les figures 11A, 11B montrent deux exemples de matrices de déflexion employant des modules de déflexion selon l'invention ;

30 - les figures 12A, 12B montrent respectivement un exemple de module de déflexion selon l'invention correspondant au mode de réalisation illustré à la figure 11B, et en trois dimensions une

matrice de déflexion employant un tel module de déflexion ;

- les figures 13A, 13B, déjà décrites, montrent deux exemples de dispositif de routage de l'art antérieur à base de simples éléments de déflexion ;

Des parties identiques, similaires ou équivalentes des différentes figures décrites ci-après portent les mêmes références numériques de façon à faciliter le passage d'une figure à l'autre.

Les différentes parties représentées sur les figures ne le sont pas nécessairement selon une échelle uniforme, pour rendre les figures plus lisibles.

15

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

On va se référer aux figures 1A, 1B, 1C qui montrent des variantes d'un module de déflexion optique selon l'invention.

20 Un module de déflexion optique selon l'invention comporte un unique élément de déflexion 1 associé à au moins un élément de renvoi 2, 2a, 2b. L'élément de renvoi peut être un miroir.

Sur la figure 1A, il n'y a qu'un seul élément de renvoi 2, placé en amont de l'élément de déflexion 3. Sur la figure 1B, il n'y a qu'un seul élément de renvoi 2 placé en aval de l'élément de déflexion 3. Sur la figure 1C, l'élément de déflexion 3 est placé entre deux éléments de renvoi 2a, 2b.

30 Un tel module de déflexion optique est destiné à recevoir au moins un faisceau optique

d'entrée f_1 , de direction d_1 donnée, et à fournir un faisceau optique de sortie f_2 selon une direction d_2 prise parmi un ensemble de directions potentielles d_2, d_3, d_4 . L'ensemble des directions potentielles peut 5 contenir une infinité de directions potentielles comprises entre des directions extrêmes qui servent de bornes ou au contraire un nombre fini de directions potentielles discrètes comprises entre des bornes. Cet ensemble de directions potentielles correspond à un 10 ensemble de positions angulaires qu'en théorie l'élément de déflexion pourrait prendre lors d'un déplacement. Dans l'exemple, ces directions potentielles sont coplanaires, l'ensemble de ces directions forme sensiblement un éventail.

15 Dans les exemples des figures 1, l'élément de déflexion 1 est apte à prendre plusieurs positions angulaires potentielles. Ces positions sont en relation avec les directions potentielles d_2, d_3, d_4 du faisceau optique de sortie f_2 . Ces positions sont comprises 20 entre des bornes qui correspondent à des positions extrêmes de l'élément de déflexion.

Selon l'invention sur les figures 1A ou 1B, la direction d_1 du faisceau optique d'entrée f_1 est parallèle à une des directions potentielles d_2, d_3, d_4 . 25 Cette direction potentielle d_2 est qualifiée de direction potentielle principale. La position de l'élément de déflexion 1 qui conduit à cette position potentielle principale est qualifiée de position potentielle principale. Sur la figure 1C, la direction 30 d_1 du faisceau optique d'entrée est colinéaire avec la direction potentielle principale d_2 .

Dans l'exemple des figures 1, l'élément de défexion 1 est mobile autour d'un axe, dirigé selon oy, perpendiculaire à au moins une des directions potentielles de l'ensemble. Ces positions angulaires 5 peuvent être obtenues par rotation de l'élément de défexion 1.

Dans une variante décrite ultérieurement, la rotation peut se faire autour d'un axe qui est inclus dans un plan formé par la direction donnée d1 et 10 la direction potentielle principale d2.

L'élément de défexion 1 comporte un plan de défexion, pour un miroir il s'agit d'une face réfléchissante. Ce plan est orienté dans l'exemple de la figure 1C selon le plan yoz.

15 Dans des variantes décrites ultérieurement, les positions peuvent être obtenues non plus par rotation de l'élément de défexion mais par translation de l'élément de défexion selon une direction quelconque. Cette translation induit la défexion des faisceaux optiques selon des axes de rotation de direction parallèle à au moins une des directions potentielles ou bien inclus dans un plan formé par la direction de propagation donnée et la direction potentielle principale.

20 25 Les positions potentielles que peut prendre l'élément de défexion peuvent être avantageusement des positions discrètes prédéterminées. En variante, l'élément de défexion peut se déplacer en continu et prendre une pluralité de positions continues.

30 On peut prévoir par exemple pour l'élément de défexion 1 plusieurs positions potentielles

discrètes mécaniquement prédéterminées. Dans l'exemple décrit, on a prévu deux positions extrêmes prédéterminées mécaniquement qui correspondent aux bornes. Dans chacune d'entre elles, l'élément de déflection 1 est sollicité, il est arrêté contre une butée 3. La position potentielle principale peut être une position médiane entre les deux positions extrêmes en butée. Elle correspond dans ce cas à une position de repos. Lors du fonctionnement, il est possible que la position potentielle principale ne soit pas une position choisie pour l'élément de déflection.

Plus de deux ou trois positions discrètes prédéterminées sont utilisables comme on le verra sur les figures 6.

L'élément de renvoi 2 lui est fixe, il peut être placé en aval de l'élément de déflection 1 comme sur la figure 1A ou en amont comme sur la figure 1B. Un intérêt de ces structures est qu'il est possible que le faisceau optique d'entrée f_1 ait une direction de propagation parallèle à celle prise par le faisceau optique de sortie f_2 lorsque l'élément de déflection est dans la position principale potentielle.

Deux éléments de renvoi 2a, 2b peuvent être prévus l'un en amont et l'autre en aval de l'élément de déflection. Cette configuration permet de garantir la colinéarité entre les directions et pas seulement le parallélisme évoqué plus haut.

Sur la figure 1A, le faisceau optique qui arrive sur l'élément de déflection 1 est un faisceau optique incident intermédiaire f_1' car le faisceau optique d'entrée f_1 a été orienté par l'élément de

renvoi 2 placé en amont de l'élément de déflexion 1. Le faisceau optique de sortie f2 est directement le faisceau optique défléchi par l'élément de déflection 1. Sur la figure 1B le faisceau optique qui arrive sur 5 l'élément de déflexion 1 est le faisceau d'entrée f1 du module de déflexion optique. Le faisceau optique qui est défléchi par l'élément de déflexion 1 est un faisceau défléchi intermédiaire f'2 différent du faisceau optique de sortie f2. Le faisceau optique de 10 sortie f2 est le faisceau optique défléchi intermédiaire f'2 réorienté par l'élément de renvoi 2.

La figure 1C combine les structures de figures 1A et 1B. Le faisceau optique qui arrive sur l'élément de déflexion 1 est un faisceau optique incident intermédiaire f'1 correspondant au faisceau optique d'entrée f1 après orientation par l'élément de renvoi 2a, le faisceau optique f'2 défléchi par l'élément de déflexion 1 est un faisceau optique défléchi intermédiaire qui va être renvoyé par 15 l'élément de renvoi 2b pour donner le faisceau optique de sortie f2 du module de déflexion optique.

L'élément de déflexion 1 peut être par exemple un miroir de déviation. Ces miroirs possèdent un plan de déflexion (dans ce cas de réflexion) qui 20 correspond au plan de leur face réfléchissante.

Sur les figures 1, le faisceau optique qui arrive sur l'élément de déflexion 1 que ce soit le faisceau optique d'entrée f1 ou le faisceau optique intermédiaire f'1 possède une incidence égale à β 25 (angle que fait le faisceau optique sur l'élément de déflexion par rapport à une normale au plan de

déflexion). Si l'élément de déflexion tourne d'un angle $\pm \Delta\theta$ autour de l'axe y, le faisceau défléchi par l'élément de déflexion 1 subit une déviation de $2\Delta\theta$. Dans l'exemple de la figure 1C, avec deux éléments de renvoi 2a, 2b, on s'arrange pour que les deux miroirs 2a, 2b soient symétriques par rapport au plan yox, c'est-à-dire par rapport à un plan perpendiculaire à la direction potentielle principale d2. De la sorte si le faisceau d'entrée f1 est colinéaire à l'axe z et que l'élément de déflexion 1 est en position potentielle principale, le faisceau de sortie f2 est colinéaire à l'axe z. Si l'élément de déflexion 1 tourne soit d'un angle $+\Delta\theta$, soit d'un angle $-\Delta\theta$, les faisceaux optiques de sortie f2 dans ces deux positions seront symétriques par rapport à l'axe z et décalés de cet axe z de $2\Delta\theta$. On démontre que pour qu'un faisceau optique arrive sur l'élément de déflexion 1 avec un angle β , il faut que l'angle α d'inclinaison des éléments de renvoi 2a, 2b par rapport aux faisceaux qui arrivent sur eux soit égal à $\alpha = \pi/4 - \beta/2$. Sur les figures 1, un angle β égal à $\pi/4$ a été choisi. Mais bien sûr cette valeur n'est pas limitative.

Dans les exemples des figures 1, la direction donnée du faisceau optique d'entrée est une direction fixe. Mais un module de déflexion optique selon l'invention est réversible. Cela signifie qu'il peut également recevoir un faisceau optique d'entrée 37 qui a une direction prise parmi un ensemble de directions potentielles et délivrer un faisceau optique de sortie 35 ayant une direction fixe comme l'illustre

le module de déflexion optique $M'a$ ou $M'b$ de la matrice de sortie MAS de la figure 3A. Le faisceau optique de sortie est colinéaire (ou parallèle s'il n'y a qu'un seul élément de renvoi) à la direction potentielle principale de l'ensemble des directions potentielles obtenue avec l'élément de déflexion en position potentielle principale.

Un tel module de déflexion optique redresse alors le faisceau optique d'entrée 37 pour le rendre colinéaire au faisceau optique d'entrée f_{la} , f_{lb} d'un module de déflexion optique Ma , Mb de la matrice d'entrée MAE.

En variante, le module de déflexion optique de l'invention peut intercepter un faisceau optique d'entrée ayant une direction prise parmi un ensemble de directions potentielles et délivrer un faisceau optique de sortie ayant une direction également prise parmi un autre ensemble de directions potentielles. Cette variante est illustrée par les modules de déflexion optique M_{21} de la seconde colonne de la matrice d'entrée MAE ou les modules de déflexion optique M'_{11} de la première colonne de la matrice de sortie MAS de la figure 3B.

La présente invention concerne également une matrice de déflexion optique qui comporte plusieurs modules de déflexion optique ainsi définis. La figure 2 montre un premier exemple de matrice selon l'invention. La figure 3A illustre un autre exemple d'une telle matrice de déflexion optique au sein d'un dispositif de routage qui sera décrit ultérieurement.

La matrice de déflexion optique comporte donc plusieurs modules de déflexion optique qui sont contenus dans un même plan xoz matérialisé dans l'exemple des figures 2 et 3A, 3B par le plan de la feuille. Les éléments de déflexion 1 ont donc des plans de déflexion qui sont de préférence parallèles ou confondus lorsqu'ils sont tous dans la position potentielle principale. Cette configuration correspond au cas où il y a deux éléments de renvoi.

Ces modules de déflexion optique sont arrangés en au moins une ligne et/ou au moins une colonne. Sur la figure 2, il n'y a qu'une seule ligne, et les modules de déflexion optique M₁, M₂ sont en cascade. Ils comportent deux éléments de renvoi.

Le premier module optique M₁ fournit à partir d'un faisceau optique d'entrée f₁ un premier faisceau optique de sortie f₂ apte à prendre n (n entier supérieur ou égal à deux) directions potentielles discrètes prédéterminées (correspondant à n positions discrètes déterminées mécaniquement de l'élément de déflexion du module M₁). Le module de déflexion optique M₂, suivant dans la cascade, fournit à partir d'un second faisceau d'entrée f₁₁, un second faisceau optique de sortie f₂₂ apte à prendre, pour une position du second faisceau optique d'entrée f₁₁, m directions potentielles discrètes prédéterminées (m entier supérieur ou égal à 2) correspondant à m positions discrètes déterminées mécaniquement de l'élément de déflexion du module M₂. Le second faisceau optique d'entrée f₁₁ correspond au premier faisceau de sortie f₂ ayant traversé un élément de conjugaison

optique 8. Il peut prendre n directions potentielles discrètes prédéterminées, déduites de celles du premier faisceau optique de sortie f2. Globalement dans la matrice, le second faisceau optique de sortie f22 est apte à prendre mxn directions potentielles discrètes prédéterminées. L'élément de conjugaison optique 8, inséré entre deux modules M1, M2 successifs de la cascade assure un grandissement angulaire entre les différents modules de déflection optique. Cet élément de conjugaison optique 8 peut être réalisé par un doublet de lentilles par exemple. Les modules de déflection optique peuvent être identiques ou non. Une telle matrice a un rôle de multiplicateur de directions. Si une matrice comporte dans une même ligne des modules de déflection à deux éléments de renvoi et plusieurs éléments de conjugaison optique 8, ces derniers sont alignés.

La figure 3A montre un dispositif de routage 2x2 selon l'invention. Il comporte une matrice de déflection optique d'entrée MAE et une matrice de déflection optique de sortie MAS. Dans cet exemple les matrices de déflection optiques sont disposées dans un même plan. La matrice de déflection optique d'entrée MAE comporte plusieurs k (deux) modules de déflection optique Ma, Mb arrangés en une colonne. Il y a donc k (deux) faisceaux optiques d'entrée f1a, f1b. Dans cet exemple les k faisceaux optiques d'entrée f1a, f1b sont parallèles. Chacun des modules Ma, Mb intercepte un des faisceaux optiques d'entrée f1a, f1b et fournit un faisceau optique de sortie défléchi f2a, f2b. Chacun des faisceaux optiques de sortie f2a, f2b est apte à

prendre 1 directions potentielles prédéterminées correspondant à 1 positions prédéterminées mécaniquement de l'élément de déflexion des modules M_a , M_b et on dispose de k faisceaux optiques de sortie f_{2a} ,
5 f_{2b} .

Les figures 11A, 11B montrent à la manière des figures 13A, 13B déjà décrites, en trois dimensions, deux exemples d'une ligne d'une matrice selon l'invention. Une telle ligne comporte en cascade
10 un élément de mise en forme 33, un premier module de déflexion M_a à deux éléments de renvoi, un premier élément de conjugaison optique 34, un second module de déflexion M'_a à deux éléments de renvoi, un second élément de conjugaison optique 34, un troisième module
15 de déflexion suit mais il n'a pas été représenté pour ne pas surcharger les figures. Deux modules de déflexion M_a , M'_a encadrent un élément de conjugaison optique 34. Les éléments de conjugaison sont alignés, leurs axes optiques sont colinéaires. L'élément de mise
20 en forme 33 est aussi aligné avec les éléments de conjugaison 34. Son axe optique est colinéaire avec ceux des éléments de mise en forme 34. L'élément de déflexion 1 de chacun des modules de déflexion M_a , M'_a est apte à se déplacer en rotation autour d'un axe y
25 qui est perpendiculaire à au moins une des directions potentielles, à savoir la direction principale. On voit bien dans cet exemple que la structure est linéaire, ce qui n'était pas le cas dans l'art antérieur. Les directions principales des deux modules de déflexion
30 M_a , M'_a sont colinéaires. La direction de propagation du faisceau optique d'entrée f_{1a} est aussi colinéaire à

prendre 1 directions potentielles prédéterminées correspondant à 1 positions prédéterminées mécaniquement de l'élément de déflexion des modules M_a , M_b et on dispose de k faisceaux optiques de sortie f_{2a} ,
5 f_{2b} .

Les figures 11A, 11B montrent à la manière des figures 13A, 13B déjà décrites, en trois dimensions, deux exemples d'une ligne d'une matrice selon l'invention. Une telle ligne comporte en cascade un élément de mise en forme 33, un premier module de déflexion M_a à deux éléments de renvoi, un premier élément de conjugaison optique 39, un second module de déflexion M'_a à deux éléments de renvoi, un second élément de conjugaison optique 39, un troisième module de déflexion suit mais il n'a pas été représenté pour ne pas surcharger les figures. Deux modules de déflexion M_a , M'_a encadrent un élément de conjugaison optique 39. Les éléments de conjugaison sont alignés, leurs axes optiques sont colinéaires. L'élément de mise en forme 33 est aussi aligné avec les éléments de conjugaison 39. Son axe optique est colinéaire avec ceux des éléments de mise en forme 33. L'élément de déflexion 1 de chacun des modules de déflexion M_a , M'_a est apte à se déplacer en rotation autour d'un axe y qui est perpendiculaire à au moins une des directions potentielles, à savoir la direction principale. On voit bien dans cet exemple que la structure est linéaire, ce qui n'était pas le cas dans l'art antérieur. Les directions principales des deux modules de déflexion 30 M_a , M'_a sont colinéaires. La direction de propagation du faisceau optique d'entrée f_{la} est aussi colinéaire à

ces directions principales. La figure 11B est similaire à la figure 11A à l'exception du fait que l'élément de déflection 1 des modules de déflection est mobile autour d'un axe x qui est parallèle à au moins une des 5 directions potentielles. Il s'agit de la direction principale. Cet axe est contenu dans un plan formé par la direction donnée et par la direction potentielle principale.

Dans ces deux exemples (figures 2 et 3A), 10 les positions potentielles principales ne sont pas toujours des positions discrètes données à l'élément de déflection lors du fonctionnement. Ce dernier peut ne prendre que deux positions extrêmes. Si la position principale est utilisée, cela rajoute une direction supplémentaire au faisceau optique de sortie.
15

En position principale, les plans de déflection des éléments de déflection de tous les modules sont parallèles ou confondus. Dans d'autres configurations, ce ne sera pas le cas.

20 Avant de décrire plus en détails le dispositif de routage de la figure 3A, on va décrire encore un exemple de matrice selon l'invention qui est illustré sur les figures 4A et 4B. Il s'agit d'une matrice de déflection optique à plusieurs lignes et 25 plusieurs colonnes similaire à celle MAE de la figure 3A. Tous ses modules de déflection optique M11, M21 sont placés dans un même plan xoz, au sein d'un même substrat de base 100 (de plan principal xoz), et sont répartis en quatre lignes et deux colonnes. La matrice 30 comporte donc 4x2 modules de déflection optique. Les

modules d'une colonne sont référencés M11 et les modules de l'autre colonne M21.

Chacun des modules est similaire à celui de la figure 1C avec deux éléments de renvoi 2a, 2b placés de part et d'autre d'un élément de déflexion 1 de type miroir. Ces modules de déflexion optique sont gravés ou moulés dans l'épaisseur du substrat de base 100. Des conduits 101 sont aussi gravés ou moulés dans le substrat de base 100 pour permettre la propagation des faisceaux optiques d'entrée, les faisceaux optiques de sortie quelle que soit leur direction et les faisceaux optiques intermédiaires. Ainsi un alignement des éléments correspondants dans les différentes colonnes et/ou lignes peut être aisément réalisé et aucun réglage du positionnement des éléments de déflexion et des éléments de renvoi n'est nécessaire.

Un zoom permet de distinguer en détail un module de déflexion optique. Les éléments de renvois 2a, 2b sont réalisés par deux parois en V obtenues par gravure ou moulage. Elles sont sensiblement perpendiculaires au plan xoz du substrat de base 100. Les éléments de renvoi 2a, 2b sont symétriques par rapport à un plan qui est perpendiculaire à la direction potentielle principale.

Le miroir de déflexion 1 est placé dans une cavité 4 creusée dans le substrat de base 100 ayant un fond et des parois. Il comporte une plaquette 5 ayant une face avant réfléchissante, face aux éléments de renvoi 2a, 2b et une face arrière solidaire d'un bras de liaison 6 destiné à la relier au substrat de base 100, au niveau d'une paroi de la cavité 4. La face

réfléchissante est sensiblement perpendiculaire au plan xoz. Ce bras de liaison 6 a un rôle de charnière, il permet à la plaquette 5 de pivoter autour d'un axe dirigé selon oy et passant indifféremment par
5 l'extrémité du bras de liaison 6 solidaire du substrat de base 100 ou bien par l'extrémité du bras de liaison 6 solidaire de la plaquette 5. La plaquette 5 et le bras de liaison 6 sont espacés du fond de la cavité 4.
10 Le déplacement de la plaquette 5 se fait, à la manière d'un balancier, dans le plan xoz et la face réfléchissante de la plaquette 5 reste sensiblement perpendiculaire au plan xoz.

L'élément de déflexion 1 peut prendre plusieurs positions angulaires qui sont avantageusement discrètes et prédéterminées et dont certaines extrêmes sont matérialisées par des butées 3 formées par des zones, de géométrie appropriée, de la paroi de la cavité situées en regard de la face arrière de la plaquette 5. Sur la figure 4A, les éléments de déflexion 1 sont dans une position angulaire de repos sans contact avec les butées 3, dans cette position médiane le bras de liaison 6 est en position de repos sans sollicitation.

On va maintenant décrire des moyens d'actionnement de l'élément de déflexion 1. Dans cet exemple, il s'agit de moyens électrostatiques avec plusieurs paires d'électrodes formées d'une électrode fixe et d'une électrode mobile. La face arrière de la plaquette 5 est dotée de part et d'autre du bras de liaison 6 de deux électrodes mobiles e1, e2. Il peut s'agir de zones métallisées. La paroi de la cavité 4

comporte, face à chacune de ces électrodes mobiles e1, e2, une électrode fixe cel, ce2 respectivement de manière à former la paire. Ces électrodes fixes sont reliées par des conducteurs 7 à un circuit de commande (non représenté) prévu pour fournir des signaux de commande de la position que doit prendre l'élément de défexion 1.

Les électrodes fixes cel, ce2 et les conducteurs 7 peuvent être réalisées sur un substrat auxiliaire 102 tel que celui représenté sur la figure 4B qui est retourné et ensuite rapporté et fixé par exemple par collage sur le substrat 100 de base.

En l'absence de signal, l'élément de défexion 1 est dans sa position de repos médiane. Lorsqu'un signal est appliqué sur l'électrode fixe cel, il y a attraction de l'électrode mobile e1 en regard et pivotement du bras de liaison 6 de manière à ce que l'extrémité de la plaquette 5 se trouvant du côté de l'électrode mobile e1 vienne se plaquer contre la butée 3 en regard. Tant que le signal s'applique, la plaquette 5 reste en butée. Lorsqu'un signal s'applique sur l'autre électrode fixe ce2, le même phénomène se produit au niveau de l'autre butée.

La présence des deux éléments de renvoi 2a, 2b permet aux différents modules de la matrice d'être arrangés en lignes parallèles et en colonnes parallèles les unes aux autres respectivement.

On peut prévoir dans le substrat de base 100, un ou plusieurs logements 103 devant accueillir des éléments de conjugaison optique 8, chacun insérés entre deux modules successifs d'une même ligne. Ces

logements peuvent être des rainures en V ce qui permet de faciliter le positionnement précis et le réglage des éléments de conjugaison optique 8 en forme de cylindre de révolution. Si nécessaire, l'ensemble du substrat 5 100 est métallisé pour disposer d'un coefficient de réflexion aussi bon que possible.

Le fait que les modules M11, M21 soient répartis en plusieurs colonnes sensiblement parallèles permet d'utiliser des éléments de conjugaison optique, 10 15 par exemple sous forme de doublets de lentilles, regroupés en une barrette placée sensiblement parallèlement à une colonne de modules comme illustré sur la figure 3A décrite ultérieurement. Ici aussi, cette barrette permet de faciliter le réglage et le positionnement de ces doublets de lentilles.

On va maintenant décrire un module de déflection similaire à ceux montrés sur la figure 11B, dans lequel l'élément de déflection est apte à se déplacer en rotation autour d'un axe qui est contenu 20 25 dans un plan formé par la direction potentielle principale et la direction donnée. On se réfère à la figure 12A. Seule une partie du module de déflection se trouve sur le substrat de base 100, il s'agit des éléments de renvoi 2a, 2b. Les faisceaux optiques ne sont pas représentés. L'élément de déflection 1 est placé sur un substrat auxiliaire 102. Des moyens d'actionnement, schématisés par un bloc, par exemple de nature similaire à ceux décrits précédemment, peuvent être également placés sur le substrat auxiliaire 102. 30 L'élément de déflection 1 est solidaire de deux charnières 1.3 qui le relient au substrat auxiliaire

logements peuvent être des rainures en V ce qui permet de faciliter le positionnement précis et le réglage des éléments de conjugaison optique 8 en forme de cylindre de révolution. Si nécessaire, l'ensemble du substrat 5 100 est métallisé pour disposer d'un coefficient de réflexion aussi bon que possible.

Le fait que les modules M11, M21 soient répartis en plusieurs colonnes sensiblement parallèles permet d'utiliser des éléments de conjugaison optique, 10 par exemple sous forme de doublets de lentilles, regroupés en une barrette placée sensiblement parallèlement à une colonne de modules comme illustré sur la figure 3B décrite ultérieurement. Ici aussi, cette barrette permet de faciliter le réglage et le 15 positionnement de ces doublets de lentilles.

On va maintenant décrire un module de déflection similaire à ceux montrés sur la figure 11B, dans lequel l'élément de déflection est apte à se déplacer en rotation autour d'un axe qui est contenu 20 dans un plan formé par la direction potentielle principale et la direction donnée. On se réfère à la figure 12A. Seule une partie du module de déflection se trouve sur le substrat de base 100, il s'agit des éléments de renvoi 2a, 2b. Les faisceaux optiques ne 25 sont pas représentés. L'élément de déflection 1 est placé sur un substrat auxiliaire 102. Des moyens d'actionnement, schématisés par un bloc, par exemple de nature similaire à ceux décrits précédemment, peuvent être également placés sur le substrat auxiliaire 102. 30 L'élément de déflection 1 est solidaire de deux charnières 1.3 qui le relient au substrat auxiliaire

102. Le substrat auxiliaire 102 est évidé au voisinage de l'élément de déflection pour permettre sa rotation. Le substrat de base 100 comporte des moyens de support 105 du substrat auxiliaire 102. Dans l'exemple, le 5 substrat de base 100 comporte une cavité 106 dans laquelle sont placés les éléments de renvoi 2a, 2b, cette cavité est délimitée par des parois 105 qui matérialisent les moyens de support. Les éléments de renvoi 2a, 2b sont symétriques par rapport à un plan 10 qui est perpendiculaire à la direction de propagation potentielle principale. Le substrat auxiliaire 102 est rapporté et fixé par exemple par collage au substrat de base 100.

15 L'ouverture référencée 101 dans une des parois 105 matérialise un conduit permettant la propagation d'un faisceau optique d'entrée ou d'un faisceau optique de sortie quelles que soient leurs directions de propagation.

La figure 12B montre à la manière de la 20 figure 4A, un exemple de matrice selon l'invention utilisant des modules de déflection similaires à ceux de la figure 12A. Cette matrice ne comporte qu'une seule colonne de modules de déflection M11. Il est facile de réaliser sur un même substrat de base 100, par des 25 techniques classiques en microélectronique, plusieurs couples d'éléments de renvoi 2a, 2b. Le fait de placer les éléments de déflection 1 sur le substrat auxiliaire 102 permet de les réaliser aisément par une technologie planaire classique en microélectronique. Le substrat de 30 base 100 peut comporter, comme évoqué plus haut des logements 103 pour un ou plusieurs éléments de

conjugaison optique 8. En amont des modules de déflection, on a représenté des éléments de mise en forme 107.

On va voir maintenant un exemple de procédé 5 de fabrication d'un module de déflection optique conforme à l'invention, ce procédé utilise les techniques de la micro-électronique. Ce module de déflection optique a un élément de déflection 1 similaire à celui représenté sur le zoom de la figure 4A. Le 10 motif de la cavité 4 et des butées 3 a été simplifié par rapport à l'exemple de la figure 4A.

Bien entendu, ce procédé peut être employé pour réaliser une matrice de modules et même un dispositif de routage comprenant une matrice de modules 15 de déflection optique en entrée et une matrice de modules de déflection optique en sortie. La gravure des différents modules se fait simultanément. Il suffit de prévoir également des emplacements ou des logements pour les autres éléments optiques qui composent la 20 matrice de déflection optique (comme celui référencé 4 sur la figure 4A) ou qui composent le dispositif de routage. Ces autres éléments optiques seront décrits ultérieurement en référence aux figures 3B, 3C.

On se réfère aux figures 5A à 5D. On part 25 d'un substrat formé d'une paire de couches 20, 21 (avec une couche inférieure 20 et une couche supérieure 21), isolantes ou semi-conductrices par exemple, prenant en sandwich une couche sacrificielle 22 par exemple en oxyde de silicium. La couche supérieure 21 de la paire 30 a une épaisseur de l'ordre de quelques centaines de micromètres. La couche sacrificielle 22 n'occupe qu'une

partie de la superficie des deux couches 20, 21 de la paire, cette partie correspond au moins à l'emprise que doit avoir la plaquette formant l'élément de déflexion et le bras de liaison.

5 La figure 5A montre la couche inférieure 20 du sandwich et la couche sacrificielle 22, tandis que la figure 5B montre la totalité du sandwich, mais dans ce cas la couche sacrificielle n'est plus visible.

10 Par une étape de gravure profonde dans la couche supérieure de la paire et dans la couche sacrificielle en s'arrêtant sur la couche inférieure de la paire, on délimite le contour de la plaquette 5 et du bras de liaison 6 conduisant à l'élément de déflexion 1. On réalise aussi les surfaces en V 15 conduisant aux éléments de renvoi 2a, 2b (figure 5C). Le bras de liaison 6 a une extrémité solidaire du substrat supérieur 23 de la paire. On prévoit également le contour des butées 3. On élimine ensuite la couche sacrificielle 22 sous la plaquette 5 et sous le bras de liaison 6 de manière à les libérer. La plaquette 5 et le bras de liaison 6 sont en surplomb au-dessus de la couche inférieure 20. Les surfaces réfléchissantes sont obtenues par métallisation.

25 D'autres techniques de réalisation peuvent être employées. On peut envisager de réaliser un moulage de matériau plastique par exemple à base de polymère dopé ou non. La technique de moulage se prête bien à la réalisation de ces modules de déflexion optique, de ces matrices de déflexion optique et de ces 30 dispositifs de routage, car elle permet d'obtenir des pièces assez épaisses à faible coût. Une métallisation

du polymère est souhaitable pour bénéficier d'un coefficient de réflexion satisfaisant pour les éléments de renvoi et de déflexion.

On va voir maintenant un autre exemple de module de déflexion optique selon l'invention. On se réfère aux figures 6A à 6C. Ces figures sont des figures partielles, aucun élément de renvoi n'est montré pour ne pas surcharger les figures. Comme sur les figures précédentes, l'élément de déflexion 1 de type miroir, prend la forme d'une plaquette 5 solidaire d'un bras de liaison 6 relié à un support fixe 110. Dans l'exemple des figures 4, le support était matérialisé par le substrat de base. Le ou les éléments de renvoi seraient aussi solidaires de ce support 110. L'élément de déflexion 1 est apte à prendre quatre positions angulaires discrètes prédéterminées définies mécaniquement par deux butées doubles 30a, 30b, solidaires du support 110. Ces butées doubles sont positionnées comme les butées simples 3 de la figure 4A. L'expression butée double signifie une butée qui est apte à prendre deux positions distinctes selon le niveau de sollicitation qu'elle reçoit.

On a représenté sur la figure 6A, l'élément de déflexion 1 en position principale, sans contact avec les butées doubles 20a, 20b. Chaque butée double 20a, 20b comporte une première butée 20.1a, 20.1b et une seconde butée 20.2a, 20.2b en cascade. La première butée 20.1a, 20.1b, en forme de languette, est apte à arrêter la plaquette 5, définissant ainsi pour l'élément de déflexion 1 une première position définie mécaniquement. Cette position est illustrée sur la

figure 6B, la plaquette 5 venant en butée sur la première butée 20.1a. La plaquette 5 a tourné d'un angle α_1 par rapport à la position de repos de la figure 6A. Cette rotation se fait autour d'un axe 5 dirigé perpendiculairement au plan de la feuille passant par l'extrémité du bras de liaison 6 côté plaquette 5. La première butée 20.1a, 20.1b grâce à sa forme de languette est apte à se flétrir si une pression supérieure à un seuil s'applique sur elle.

10 Elle peut alors basculer jusqu'à venir, elle-même, en butée contre la second butée 20.2a, 20.2b qui est fixe. Sur la figure 6C, la plaquette 5, tout en restant appuyée contre la première butée 20.1a, s'est inclinée d'un angle α_2 et a pris une autre position 15 mécaniquement définie. En définitif, l'élément de déflexion 1 a tourné d'un angle $\alpha_1 + \alpha_2$ par rapport à sa position initiale de repos. Le même phénomène se produit lorsque l'élément de déflexion 1 bascule dans l'autre sens et que l'autre butée double 20b coopère 20 avec lui, autorisant deux autres positions angulaires définies mécaniquement.

Une variante de ce mode de réalisation est illustrée aux figures 6D à 6F. Au lieu que ce soit la butée qui comporte une languette, c'est maintenant l'élément de déflexion 1 qui est doté d'au moins une languette 5.1 qui lorsqu'elle coopère avec une butée 20 simple solidaire du substrat 110, est apte à prendre deux positions distinctes. Sur la figure 6D, l'élément de déflexion 1 est en position de repos, aucune de ses 25 butées 5.1 étant en contact avec la butée 20 du substrat 110. Sur la figure 6E, l'élément de déflexion 30

a pivoté d'un angle α_1 et la languette 5.1 est venue en contact avec la butée 20 du substrat. Une force F a été appliquée sur l'élément de déflexion 1 à proximité de la languette 5.1. A partir de cette position, si on applique une force F' suffisante sur l'élément de déflexion 1 à proximité de la languette 5.1, cette dernière est apte à prendre une autre position en se fléchissant, ce qui permet à l'élément de déflexion 1 de s'incliner d'un angle α_2 à partir de l'inclinaison α_1 .

On va voir maintenant un autre mode de réalisation du module de déflexion optique selon l'invention en se référant aux figures 7A, 7B. Comme précédemment, ces figures ne représentent que partiellement le module de déflexion optique, aucun élément de renvoi n'ayant été représenté. L'élément de déflexion est un miroir. L'élément de déflexion repose sur un socle 31 dirigé selon le plan xoz apte à se déplacer en rotation autour d'un axe sensiblement perpendiculaire au plan xoz. Le socle 31 est relié par une accroche fine 6.1 au support 110. L'axe de rotation passe par cette accroche 6.1. Les moyens d'actionnement de l'élément de déflexion 1 comportent deux jeux d'électrodes en peigne 9.1, 9.2 destinés à coopérer. Le socle 31 est aussi relié à un 9.1 des jeux d'électrodes en peigne qui est mobile. Cette liaison se fait par l'intermédiaire d'un bras de liaison 6.2. L'autre jeu d'électrodes en peigne 9.2 est fixe et est solidaire du support 110. L'attache du bras de liaison 6.2 avec le socle 31 est décalée du point d'attache de l'accroche fine 6.1 de manière à ce qu'un déplacement du socle en

rotation puisse se faire. Sur la figure, le socle 31 est représenté rectangulaire, le point d'attache de l'accroche fine 6.1 se trouve sur un côté du rectangle et le point d'attache du bras de liaison 6.2 sur un autre côté. Lors de l'interaction entre les deux jeux d'électrodes en peigne 9.1, 9.2, le jeu d'électrodes mobile 9.1 se déplace en translation entraînant dans son mouvement le basculement du socle 31 autour de l'axe.

On va s'intéresser maintenant à un autre mode de réalisation d'un module de déflexion optique selon l'invention dans lequel, au lieu de se déplacer en rotation, l'élément de déflexion 1 est apte à se déplacer en translation. On se réfère à la figure 8A, qui est une vue de dessus du module de déflexion optique.

Jusqu'à présent les éléments de déflexion de type miroir possédaient une seule face de réflexion. On distingue dans cette configuration un élément de déflexion 1 et de part et d'autre deux éléments de renvoi 2a, 2b. L'élément de déflexion 1 est de type miroir avec deux faces réfléchissantes 1.1, 1.2 agencées en V et donc positionnées dans des plans différents. L'intersection des deux faces réfléchissantes 1.1, 1.2 forme une arête qui est perpendiculaire au plan xoz. Les directions potentielles d2, d3, d4 de propagation du faisceau optique de sortie f2 sont contenues dans le plan xoz. La direction d1 du faisceau optique d'entrée f1 est colinéaire avec la direction potentielle principale d2 qui est médiane avec les directions potentielles d3,

d4. Dans cet exemple, il s'agit de la direction principale d2 qui est obtenue lorsqu'un faisceau optique percute l'élément de déflexion 1 au niveau de l'arête du V. L'élément de déflexion est alors dans sa 5 position principale.

Le déplacement de l'élément de déflexion 1 se fait dans le plan xoz selon une direction parallèle à au moins une des directions potentielles. Plus particulièrement, cette translation se fait 10 parallèlement à la direction principale d2 et donc parallèlement la direction d1 du faisceau optique d'entrée f1. Cette translation se fait entre deux butées 3 fixes qui matérialisent deux positions potentielles discrètes extrêmes définies mécaniquement 15 et qui bornent l'ensemble des positions potentielles. Ces positions extrêmes conduisent aux deux directions potentielles d3 et d4. La direction principale est une direction médiane. Les moyens d'actionnement de l'élément de déflexion peuvent être réalisés par des paires d'électrodes similaires à celles des figures 4A, 20 4B. Les électrodes fixes seraient localisées sur les butées 3 et les électrodes mobiles sur les faces d'extrémité de l'élément de déflexion, en regard des électrodes fixes. Les électrodes n'ont pas été 25 représentées pour ne pas surcharger la figure. Ce module de déflexion est bien entendu également réversible.

Sur la figure 8B on a représenté uniquement un autre mode de réalisation de l'élément de déflexion 30 1 apte à remplacer celui de la figure 8A. Au lieu de se déplacer en translation parallèlement à une des

directions potentielles, il est apte à se déplacer en translation perpendiculairement à au moins une des directions potentielles. Dans cet exemple il s'agit toujours de la direction principale d2. L'élément de déflection comporte, dans cet exemple, deux faces réfléchissantes 1.1, 1.2 inclinées selon des plans différents dont l'intersection défini un axe R. L'axe R est un axe de rotation des faces réfléchissantes 1.1, 1.2. Ces faces sont côte à côte dans la direction du déplacement et tête-bêche. La direction du déplacement est parallèle à l'axe R de rotation. La translation desdites faces 1.1, 1.2 selon la direction est équivalente à une rotation desdites faces 1.1, 1.2 selon l'axe R.

La figure 9 illustre une variante d'une matrice avec deux modules de déflection optique M1, M2. Cette matrice de déflection optique comporte deux modules de déflection optique agencés en colonne avec pour chacun : un élément de déflection 1 et deux éléments de renvoi 2a, 2b. Dans ce mode de réalisation, les directions d1a, d1b des faisceaux d'entrée f1a, f1b ne sont pas parallèles entre elles. Il en est de même pour les directions (non référencées) des faisceaux de sortie f2a, f2b en sortie des modules M1, M2. Les éléments de déflection 1 sont des miroirs avec une face de réflexion et en position de repos les faces de réflexion ne sont pas parallèles entre elles.

De plus, le débattement des éléments de déflection 1 n'est pas identique d'un module de déflection optique M1 à l'autre M2. Les butées 3 qui matérialisent des positions extrêmes mécaniquement

déterminées des deux éléments de déflexion 1 ne sont pas identiques. Leur épaisseur est différente ce qui fait que, en position de repos, l'espace 10.1, 10.2 qui sépare l'élément de déflexion 1 d'une butée 3 n'est pas le même d'un module de déflexion optique M1 à l'autre M2. Dans l'exemple l'espace 10.1 présent dans le module M1 est plus petit que l'espace 10.2 présent dans le module M2. Cette caractéristique aurait pu être présente dans les matrices de déflexion optique des exemples précédents.

On va revenir maintenant sur la description d'un dispositif de routage en se référant aux figures 3A à 3C. Le dispositif de routage de la figure 3A est un dispositif de routage point par point, il a une structure très simple à deux voies d'entrée et deux voies de sortie.

Ce dispositif de routage permet de coupler chacune de n (deux) voies d'entrée optique 32 à l'une quelconque de n' (deux) voies de sortie optique 36. De façon plus générale, le nombre de voies d'entrée n n'est pas forcément égal au nombre n' de voies de sortie. Le nombre de voies d'entrée n est inférieur ou égal au nombre n' de voies de sortie.

Ce dispositif de routage comporte, en cascade, une matrice de déflexion optique d'entrée MAE reliée aux voies d'entrée optiques 32, un module de liaison 34, une matrice de déflexion optique de sortie MAS reliée aux voies de sortie optique 36. Les voies d'entrée 32 sont matérialisées dans cet exemple par des fibres optiques. Elles aptes à véhiculer chacune un faisceau optique d'entrée f1a, f1b pénétrant dans la

matrice de déflexion optique d'entrée MAE. Tous les modules de déflexion optique constituant la matrice de déflexion optique d'entrée MAE et la matrice de déflexion optique de sortie MAS sont agencés dans un
5 même plan xoz ou dans des plans parallèles. Les modules de déflexion optique Ma, Mb de la matrice d'entrée MAE et les modules de déflexion optique M'a, M'b de la matrice de sortie MAS forment deux à deux des lignes qui sont parallèles.

10 La matrice de déflexion optique d'entrée MAE a déjà été décrite plus haut. Les directions de propagation des faisceaux d'entrée fla, f1b sont colinéaires avec une direction de propagation potentielle des faisceaux de sortie f2a, f2b.

15 Le module de liaison 34 est destiné à rassembler de façon biunivoque sur l points de focalisation spatiale les l directions potentielles de la matrice de déflexion optique d'entrée MAE. Il est apte à générer kxl faisceaux optiques intermédiaires 37
20 de directions comprises dans un ensemble de l directions. Il peut être formé d'une ou plusieurs lentilles ou d'un ou plusieurs miroirs.

La matrice de déflexion optique de sortie MAS est similaire à la matrice de déflexion optique d'entrée MAE mais fonctionne de manière inversée. Elle est apte à intercepter les kxl faisceaux optiques intermédiaires 37 (qui représentent ses faisceaux optiques d'entrée) et à générer à partir de ces kxl faisceaux optiques intermédiaires 37, j faisceaux optiques de sortie 38 qui sont tous parallèles aux k faisceaux optiques d'entrée fla, f1b de la matrice

d'entrée MAE. Ces j faisceaux optiques de sortie 38 peuvent être véhiculés par des fibres optiques de sortie 36 matérialisant les voies de sortie optique. Le nombre j est égal au nombre l . On a généralement j égal 5 k .

Plus précisément, chaque module de déflection optique $M'a$, $M'b$ reçoit un faisceau d'entrée (un faisceau intermédiaire 37), ce faisceau intermédiaire 37 peut se propager selon une direction prise parmi l directions potentielles. Ces directions sont fonction des l directions potentielles des faisceaux f_{2a} , f_{2b} de sortie de la matrice d'entrée MAE et plus particulièrement des positions potentielles prises par le faisceau optique de sortie f_{2a} qui après 10 avoir traversé la module de liaison 34 va être intercepté par le module $M'a$. Chaque module de déflection optique $M'a$, $M'b$ fournit un faisceau de sortie 38 se propageant selon une direction donnée fixe qui est la direction des faisceaux d'entrée f_{1a} , f_{1b} de 15 la matrice d'entrée MAE. Cette matrice de sortie MAS a un rôle de diviseur de positions angulaires. Les faisceaux d'entrée dans la matrice d'entrée MAE sont contenus dans un plan. Les faisceaux de sortie de la matrice d'entrée MAE sont contenus dans un autre plan. 20 25 Les plans sont parallèles ou confondus.

Les faisceaux d'entrée 37 dans la matrice de sortie MAS sont contenus dans un plan. Les faisceaux de sortie 38 de la matrice de sortie MAS sont contenus dans un autre plan. Les plans sont confondus ou 30 parallèles. De plus le plan des faisceaux de sortie de la matrice d'entrée et le plan des faisceaux d'entrée

de la matrice de sortie MAS sont également confondus ou parallèles.

Avant de pénétrer dans la matrice d'entrée MAE, les k faisceaux optiques d'entrée f_{1a}, f_{1b} 5 traversent un module de mise en forme 33. Le module de mise en forme 33 sert à imager les faisceaux optiques f_{1a}, f_{1b} issus des fibres optiques d'entrée 32 sur les éléments de déflexion optique. Le module de mise en forme 33 peut comporter une lentille ou un miroir pour 10 chacun des faisceaux d'entrée f_{1a}, f_{1b}. Les faisceaux optiques avant et après mise en forme portent la même référence pour ne pas multiplier inutilement les notations.

Les faisceaux optiques 38 qui émergent de 15 la matrice de déflexion optique de sortie MAS traversent un module de mise en forme de sortie 35. Ce module de mise en forme de sortie 35 est similaire au module de mise en forme d'entrée 33 et il a le même rôle. De la même manière, on a référencé de la même 20 manière les faisceaux de sortie 38 de la matrice de sortie MAS et les faisceaux de sortie 38 du module de mise en forme de sortie 35.

Sur les figures 3B et 3C, on a représenté 25 en vue de dessus et en trois dimensions un dispositif de routage un peu plus complexe avec quatre voies d'entrée optique et quatre voies de sortie optique parallèles entre elles. La matrice d'entrée MAE est comparable à celle illustrée sur la figure 4A. La matrice de sortie MAS est comparable à la matrice d'entrée MAE mais elle fonctionne en inverse. La matrice d'entrée a un rôle de multiplicateur de 30

directions potentielles et celle de sortie MAS de diviseur de directions potentielles.

Ainsi dans cet exemple, avec deux positions discrètes mécaniquement déterminées pour chaque module de déflection optique, les faisceaux d'entrée des modules de déflection optique M11 de la première colonne de la matrice d'entrée MAE ont une direction donnée fixe.

Les faisceaux de sortie des modules de déflection optique M11 de la première colonne de la matrice de déflection optique d'entrée MAE sont aptes à prendre deux directions potentielles discrètes déterminées mécaniquement.

Les faisceaux d'entrée des modules de déflection optique M21 de la seconde colonne de la matrice d'entrée MAE sont aptes à prendre deux directions potentielles discrètes déterminées mécaniquement.

Les faisceaux de sortie des modules de déflection optique M21 de la seconde colonne de la matrice d'entrée MAE sont aptes à prendre quatre directions potentielles discrètes déterminées mécaniquement.

Les faisceaux d'entrée des modules de déflection optique M'11 de la première colonne de la matrice de sortie MAS sont aptes à prendre quatre directions potentielles discrètes déterminées mécaniquement.

Les faisceaux de sortie des modules de déflection optique M'11 de la première colonne de la matrice de déflection optique de sortie MAS sont aptes à

prendre deux directions potentielles discrètes déterminées mécaniquement.

Les faisceaux d'entrée des modules de déflection optique M'21 de la seconde colonne de la 5 matrice de sortie MAS sont aptes à prendre deux directions potentielles discrètes déterminées mécaniquement.

Les faisceaux de sortie des modules de déflection optique M'21 de la seconde colonne de la 10 matrice de sortie MAS sont aptes à prendre une direction donnée fixe.

Sur la figure 3C, on a représenté supporté par un substrat commun 120, en cascade, un module de mise en forme d'entrée 33 prenant l'aspect d'une 15 barrette, une matrice d'entrée MAE (similaire à celle de la figure 4A), un module de liaison 34 prenant l'aspect d'une barrette, une matrice de sortie MAS (similaire à celle de la figure 4A), un module de mise en forme de sortie 35 prenant l'aspect d'une barrette. 20 Des fibres optiques 32 sont reliées en entrée du module de mise en forme d'entrée 33, des fibres optiques 36 émergent du module de mise en forme de sortie 35.

Les matrices d'entrée MAE et de sortie MAS d'un dispositif de routage selon l'invention ne sont 25 pas toujours coplanaires ou placées dans des plans parallèles comme illustré sur la figure 10. Au moins un dispositif de renvoi 11 peut être inséré soit en amont, soit en aval du module de liaison 34, c'est à dire soit entre la matrice de déflection optique d'entrée MAE et 30 le module de liaison 34, soit entre le module de liaison 34 et la matrice de déflection optique de sortie

MAS. Dans l'exemple de la figure 10, il y a un dispositif de renvoi 11 de chaque côté du module de liaison 34.

Bien qu'un certain nombre de modes de réalisation de la présente invention aient été représentés et décrits de façon détaillée, on comprendra que différents changements et modifications puissent être apportés sans sortir du cadre de l'invention. Notamment, les modules de déflection optique des matrices et des dispositifs de routage peuvent comporter un seul élément de renvoi au lieu de deux.

15 **RÉFÉRENCES CITÉES**

[1] « Scalable optical cross-connect switch using micromachined mirrors » Paul M HAGELIN et al, IEEE Photonics Technologies letters, vol 12, NO. 7, July 2000, pages 882-884.

20 [2] FR-A-2 821 678.

 [3] FR-A-2 821 681

REVENDICATIONS

1. Module de déflexion optique apte à fournir :

- à partir d'un faisceau optique d'entrée
5 (f1) ayant une direction de propagation donnée (d1), un faisceau optique de sortie (f2) ayant une direction de propagation prise dans un premier ensemble de directions potentielles (d2, d3, d4), ou

- à partir d'un faisceau optique d'entrée
10 (37) ayant une direction de propagation prise dans un second ensemble de directions potentielles, un faisceau optique de sortie (38) ayant une direction de propagation donnée,

caractérisé en ce qu'il comporte un unique
15 élément de déflexion (1) du faisceau optique d'entrée apte à prendre plusieurs positions potentielles qui sont en relation avec les directions potentielles du premier ensemble ou du second ensemble et au moins un élément de renvoi fixe (2a, 2b, 2) disposé en amont ou
20 en aval de l'élément de déflexion (1), une position potentielle principale de l'élément de déflexion conduisant à une direction principale (d2) du premier ensemble ou du second ensemble, cette direction principale étant colinéaire ou parallèle avec la
25 direction de propagation donnée (d1) du faisceau optique d'entrée ou du faisceau optique de sortie.

2. Module de déflexion selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte deux
30 éléments de renvoi (2a, 2b) fixes, situés de part et d'autre de l'élément de déflexion (1).

3. Module de déflexion optique selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que la direction donnée est une direction fixe ou est prise 5 parmi plusieurs directions potentielles.

4. Module de déflexion selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le premier ou le second ensemble de directions potentielles 10 comporte des directions discrètes prédéterminées.

5. Module de déflexion optique selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'élément de déflexion (1) est un miroir.

15 6. Module de déflexion optique selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'au moins une position potentielle de l'élément de déflexion (1) est une position discrète mécaniquement prédéterminée.

20 7. Module de déflexion selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'une butée (20, 20a) définit au moins une position mécaniquement prédéterminée de l'élément de déflexion (1) en 25 l'arrêtant.

30 8. Module de déflexion selon la revendication 7, caractérisé en ce que la buté (20a) est une butée double comprenant une languette (20.1a) apte à prendre deux positions distinctes, dans l'une des positions la languette étant fléchie.

9. Module de déflexion selon l'une des revendications 7 ou 8, caractérisé en ce qu'une languette (5.1) est solidaire de l'élément de déflexion (1), cette languette (5.1) étant apte à prendre deux positions distinctes en appui sur la butée (20), dans une de ces positions la languette étant fléchie.

10. Module de déflexion selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que la position potentielle principale de l'élément de déflexion (1) est une position dans laquelle il est au repos.

11. Module de déflexion selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que l'élément de déflexion (1) est apte de se déplacer en rotation autour d'un axe (y) perpendiculaire à au moins une des directions potentielles.

20 12. Module de déflexion selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que l'élément de déflexion est apte à se déplacer en rotation autour d'un axe (x) contenu dans un plan formé par la direction donnée (d1) et la direction potentielle principale (d2).

30 13. Module de déflexion selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que l'élément de déflexion (1) comporte au moins deux faces réfléchissantes (1.1, 1.2) positionnées dans des plans différents et est apte à se déplacer en translation de

manière à générer une rotation des plans suivant un axe (R) formé par l'intersection desdits plans.

14. Module de déflexion optique, selon
5 l'une des revendications 1 à 13, caractérisé en ce que
l'élément de déflexion (1) comporte un bras de liaison
(6) qui le relie à une partie fixe (100).

15. Module de déflexion optique selon l'une
10 des revendications 1 à 14, caractérisé en ce que
l'élément de déflexion (1) est sur un socle mobile
(31).

16. Module de déflexion optique selon la
15 revendication 15, caractérisé en ce que le socle mobile
(31) est solidaire d'un bras de liaison (6.2) qui le
relie à une partie fixe (100).

17. Module de déflexion optique selon l'une
20 des revendications 1 à 16, caractérisé en ce qu'il
comporte des moyens d'actionnement de l'élément de
déflexion de type électrostatique comportant au moins
une paire d'électrodes (el, cel), éventuellement en
peigne interdigitées.

25

18. Module de déflexion optique selon l'une
des revendications 1 à 17, caractérisé en ce qu'il
comporte des conduits (101) pour guider les faisceaux
optiques d'entrée et de sortie.

30

19. Module de déflexion optique selon l'une des revendications 1 à 18, caractérisé en ce qu'il est réalisé, au moins partiellement, par des techniques employées en micro-électrique.

5

20. Module de déflexion optique selon l'une des revendications 1 à 18, caractérisé en ce qu'il est réalisé, au moins partiellement, par des techniques de moulage.

10

21. Module de déflexion optique selon l'une des revendications 1 à 20, caractérisé en ce qu'il est réalisé, au moins partiellement, par des techniques de report.

15

22. Module de déflexion optique selon l'une des revendications 1 à 21, caractérisé en ce qu'il comporte deux éléments de renvoi (2a, 2b) qui sont symétriques par rapport à un plan perpendiculaire à la direction de propagation potentielle principale (d2).

23. Matrice de déflexion optique comportant une pluralité de modules de déflexion optique (Ma, Mb) selon l'une des revendications 1 à 22, dont les éléments de déflexion possèdent un plan de déflexion, caractérisée en ce que les modules (Ma, Mb) sont placés dans un même plan.

24. Matrice de déflexion optique selon la revendication 23, caractérisée en ce que les plans de

30

déflexion des éléments de déflexion (1), dans leur position principale, sont parallèles ou confondus.

25. Matrice de déflexion optique selon
5 l'une des revendications 23 ou 24, caractérisée en ce que les modules de déflexion optique (M_{11} , M_{21}) sont arrangés en au moins une ligne et/ou au moins une colonne.

10 26. Matrice de déflexion optique selon la revendication 25, caractérisée en ce que deux modules de déflexion optique (M_1 , M_2) successifs dans une ligne sont séparés par un élément de conjugaison optique (8).

15 27. Matrice de déflexion optique selon la revendication 26, caractérisée en ce que lorsqu'elle comporte dans une même ligne des éléments de conjugaison optique (34) et que les modules de déflexion optique (M_a , M'_a) comportent deux éléments de renvoi (2a, 2b), les éléments de conjugaison optique (34) ont des axes optiques colinéaires.

25 28. Matrice de déflexion optique selon l'une des revendications 23 à 27, caractérisée en ce que, lorsqu'elle comporte plusieurs modules de déflexion optique en colonne (M_{11}) et que les faisceaux optiques ont chacun une direction de propagation fixe, les directions de propagation sont parallèles.

30 29. Matrice de déflexion optique selon l'une des revendications 26 à 28, caractérisée en ce

déflexion des éléments de déflexion (1), dans leur position principale, sont parallèles ou confondus.

25. Matrice de déflexion optique selon
5 l'une des revendications 23 ou 24, caractérisée en ce que les modules de déflexion optique (M11, M21) sont arrangés en au moins une ligne et/ou au moins une colonne.

10 26. Matrice de déflexion optique selon la revendication 25, caractérisée en ce que deux modules de déflexion optique (M1, M2) successifs dans une ligne sont séparés par un élément de conjugaison optique (8).

15 27. Matrice de déflexion optique selon la revendication 26, caractérisée en ce que lorsqu'elle comporte dans une même ligne des éléments de conjugaison optique (39) et que les modules de déflexion optique (Ma, M'a) comportent deux éléments de 20 renvoi (2a, 2b), les éléments de conjugaison optique (39) ont des axes optiques colinéaires.

28. Matrice de déflexion optique selon l'une des revendications 23 à 27, caractérisée en ce que, lorsqu'elle comporte plusieurs modules de déflexion optique en colonne (M11) et que les faisceaux optiques ont chacun une direction de propagation fixe, les directions de propagation sont parallèles.

30 29. Matrice de déflexion optique selon l'une des revendications 26 à 28, caractérisée en ce

que, lorsqu'elle comporte plusieurs colonnes, les éléments de conjugaison optique (8) séparant deux modules de déflexion optique appartenant à des colonnes successives sont regroupés en barrette.

5

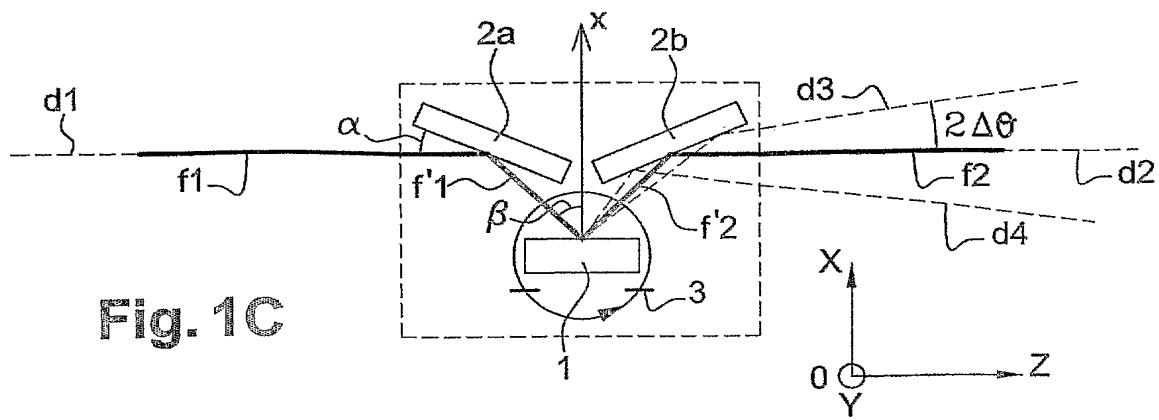
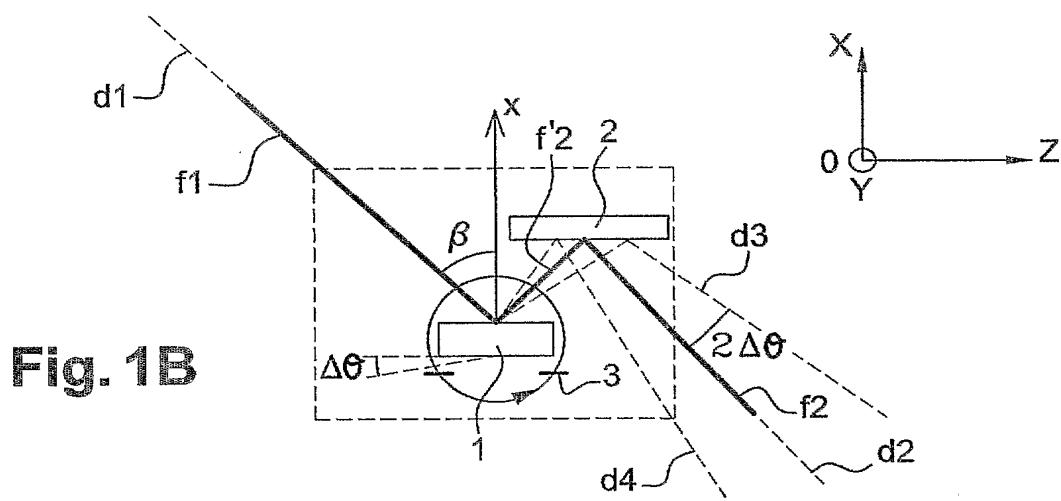
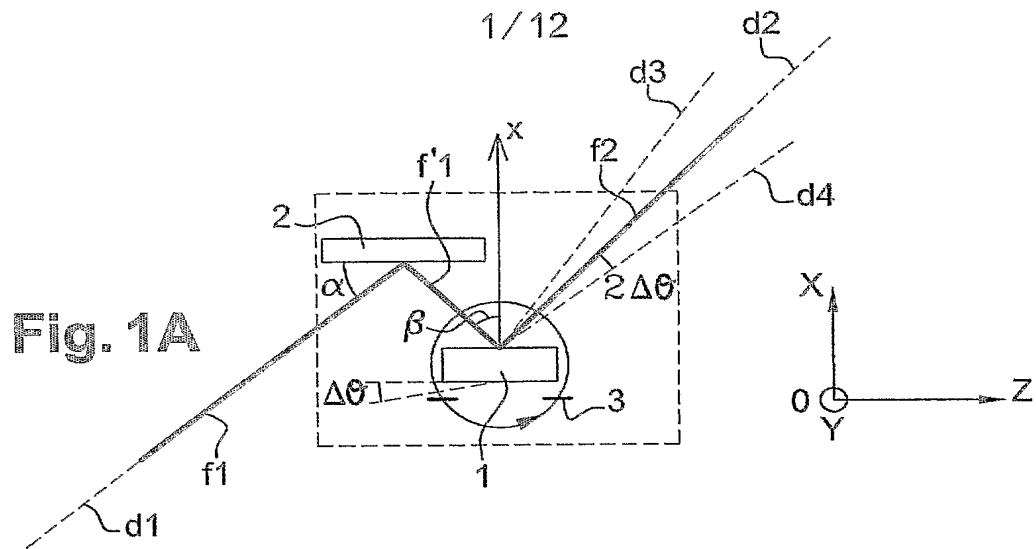
30. Matrice de déflexion optique selon l'une des revendications 23 à 29, caractérisée en ce que les modules de déflexion optique sont groupés sur un substrat commun (100) qui inclut au moins un logement (103) pour un ou plusieurs éléments de conjugaison optique (8).

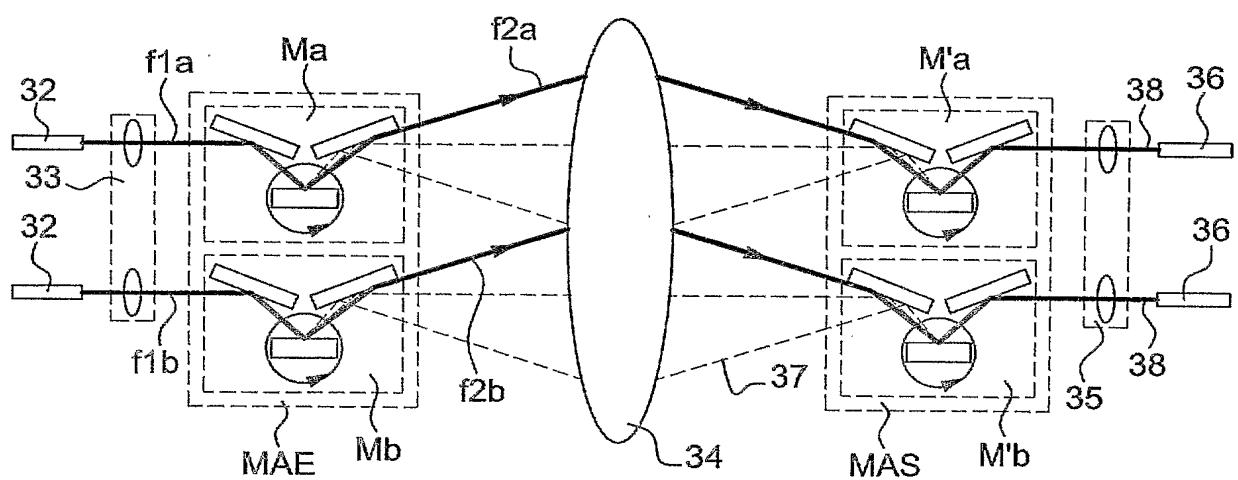
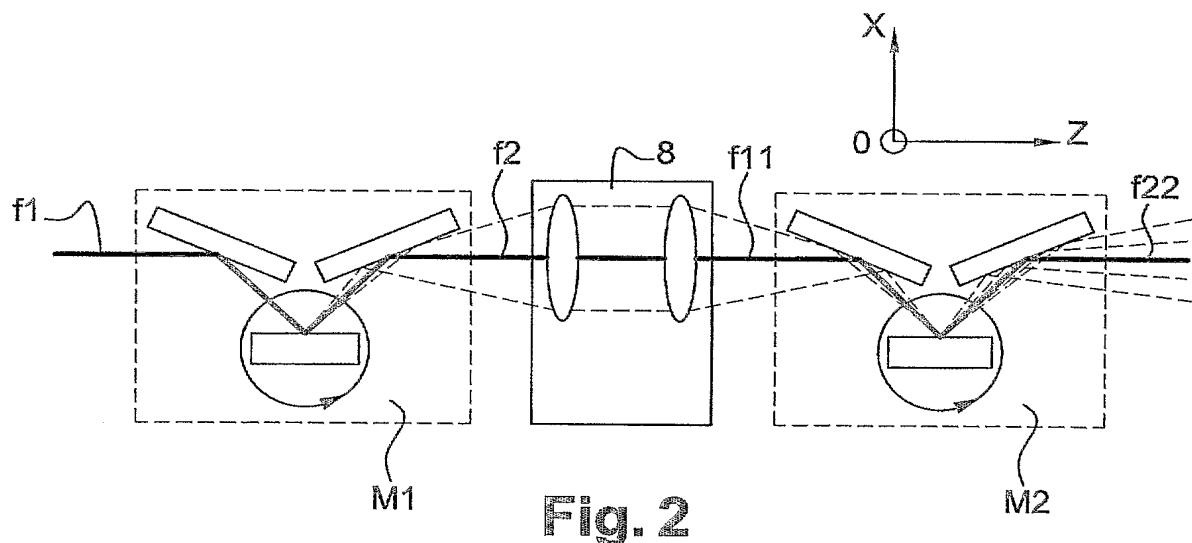
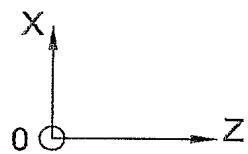
15. 31. Matrice de déflexion optique selon l'une des revendications 23 à 30, caractérisée en ce qu'au moins une partie (2a, 2b) des modules de déflexion est groupée sur un substrat commun (100), ce substrat (100) comprenant des moyens de support (105) du reste des modules et au moins un logement (103) pour un ou plusieurs éléments de conjugaison optique.

20

25. 32. Dispositif de routage destiné à coupler chacune d'une pluralité de voies optiques d'entrée (32) à l'une quelconque d'une pluralité de voies optiques de sortie (36) véhiculant des faisceaux optiques, caractérisé en ce qu'il comporte une matrice de déflexion optique d'entrée (MAE) selon l'une des revendications 23 à 31, reliée aux voies optiques d'entrée, une matrice de déflexion optique de sortie (MAS) selon l'une des revendications 23 à 31, reliée aux voies optiques de sortie et un module de liaison (34) entre les deux matrices d'entrée et de sortie.

33. Dispositif de routage selon la revendication 32, caractérisé en ce qu'il comporte en amont de la matrice de déflexion optique d'entrée (MAE) 5 un module de mise en forme (33) des faisceaux optiques véhiculés par les voies d'entrée.
34. Dispositif de routage selon l'une des revendications 32 ou 33, caractérisé en ce qu'il comporte en aval de la matrice de déflexion optique (MAS) 10 de sortie un module de mise en forme (35) des faisceaux optiques devant être véhiculés par les voies de sortie.
35. Dispositif de routage selon l'une des revendications 32 à 34, caractérisé en ce que les voies optiques d'entrée (32) et les voies optiques de sortie (36) sont parallèles entre elles. 15
36. Dispositif de routage selon l'une des revendications 32 à 35, caractérisé en ce qu'au moins un dispositif de renvoi (11) est placé entre la matrice de déflexion optique d'entrée (MAE) et le module de liaison (34) et/ou entre le module de liaison (34) et 20 la matrice de déflexion optique de sortie (MAS). 25



**Fig. 3A**

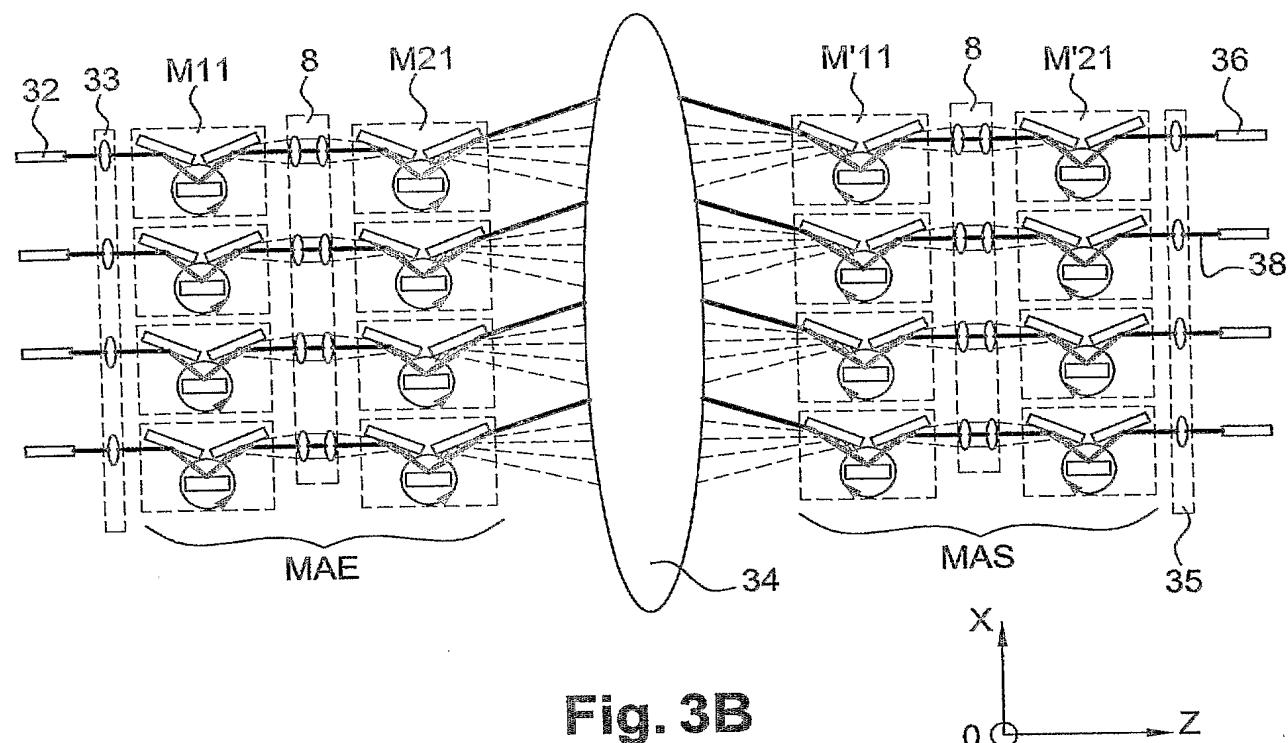


Fig. 3B

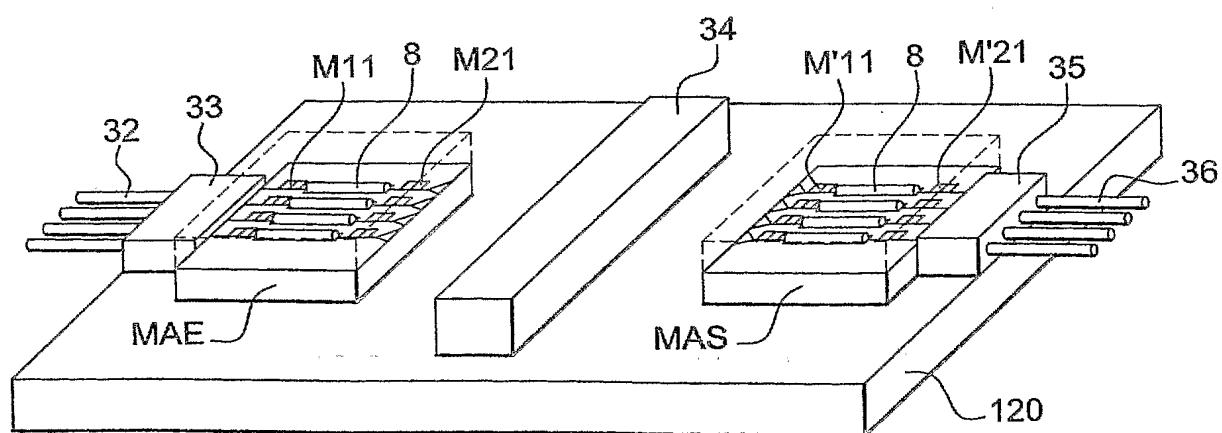
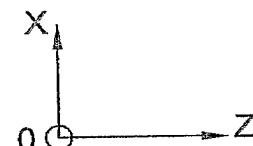


Fig. 3C

4 / 12

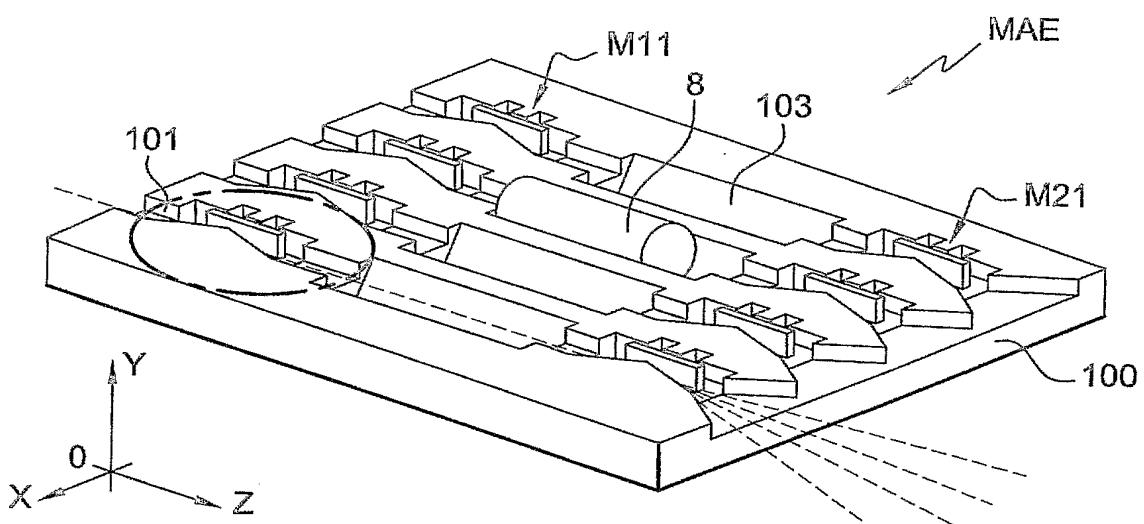


Fig. 4A

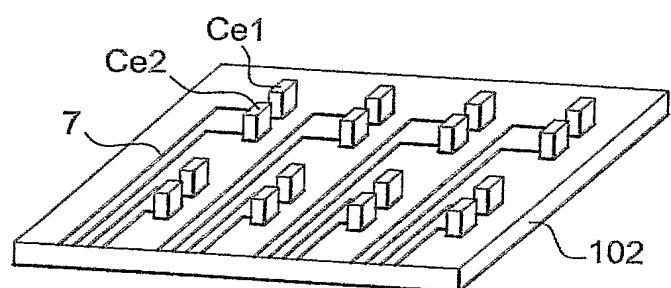
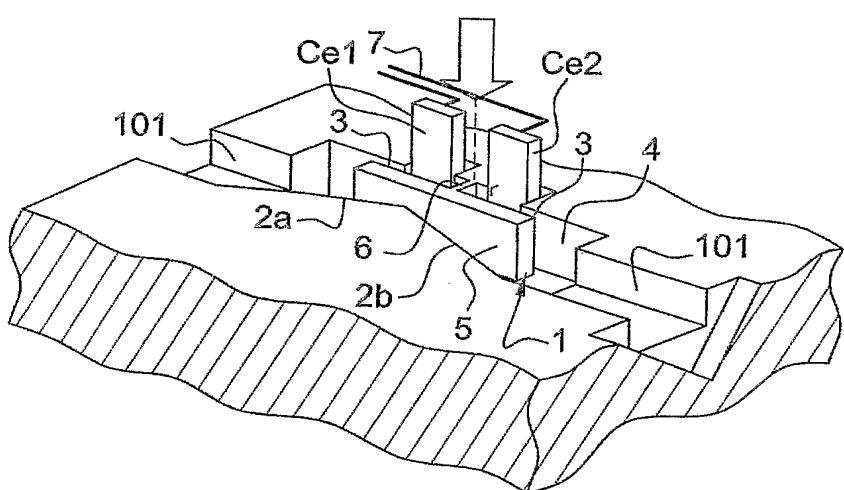
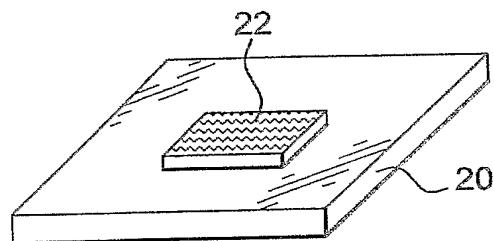
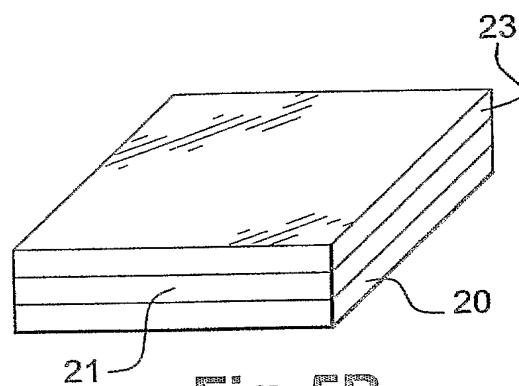
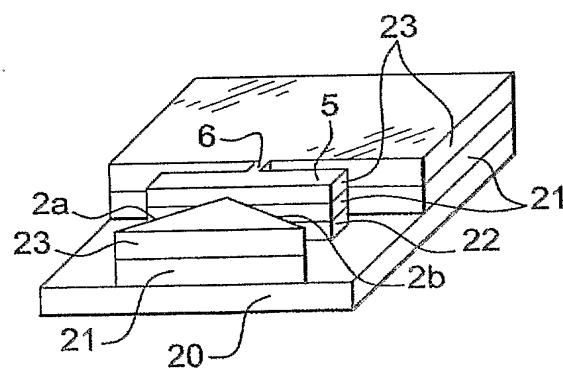
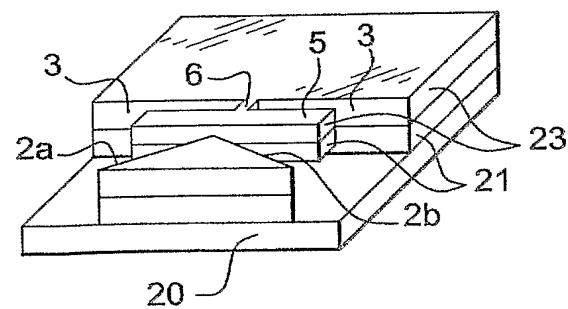


Fig. 4B

**Fig. 5A****Fig. 5B****Fig. 5C****Fig. 5D**

6 / 12

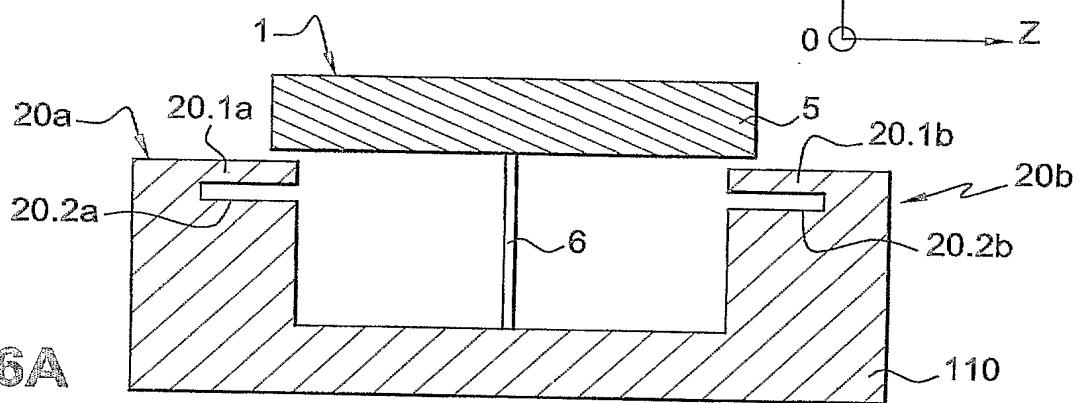


Fig. 6A

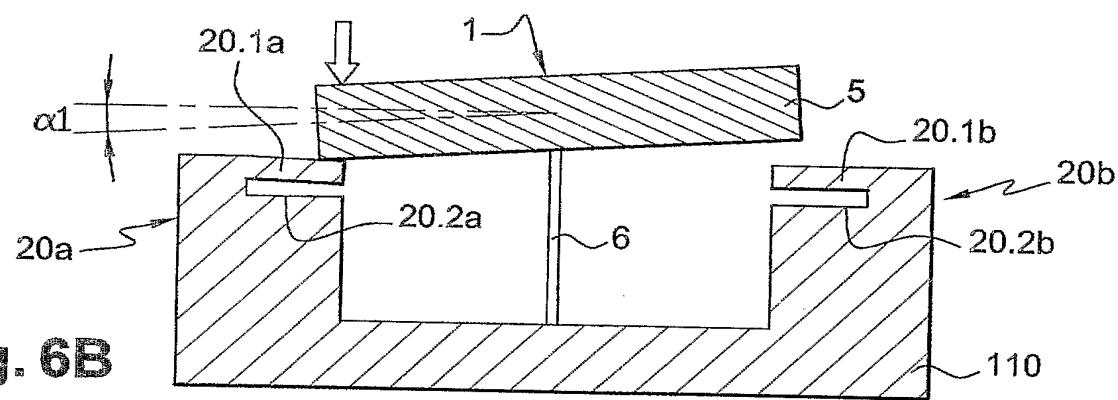


Fig. 6B

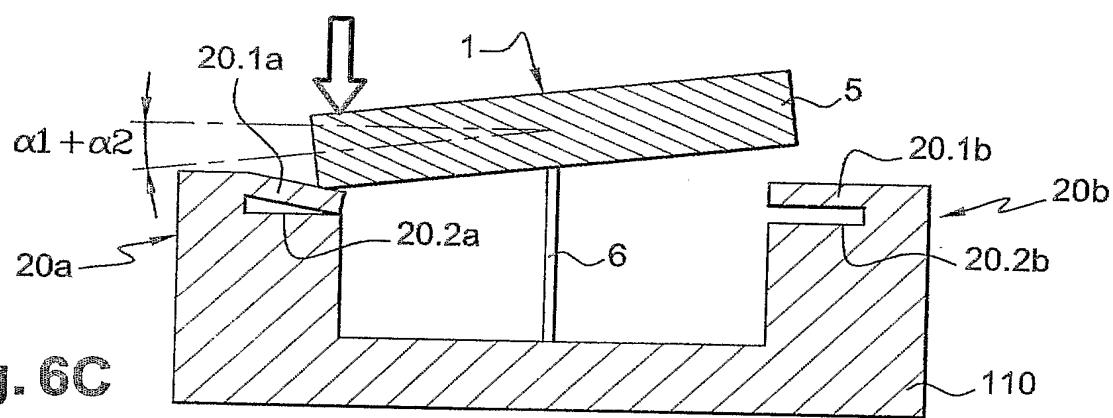


Fig. 6C

1er dépôt

7 / 12

X
0 Z

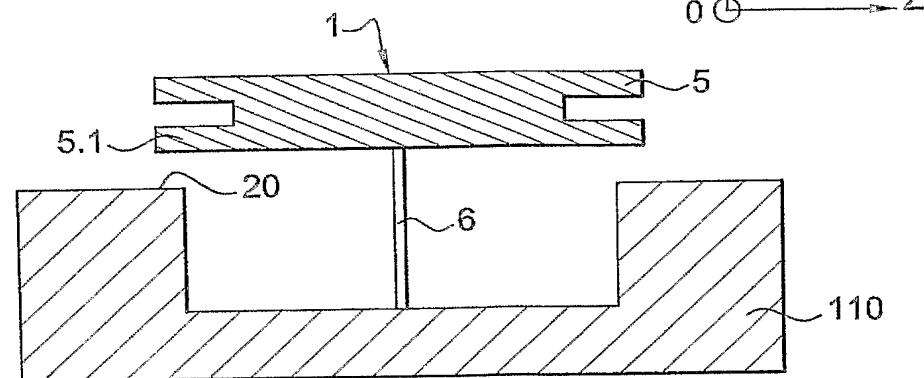


Fig. 6D

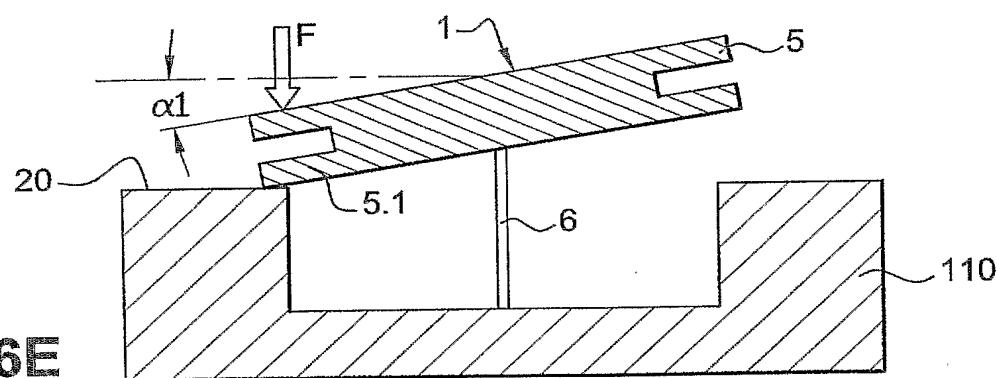


Fig. 6E

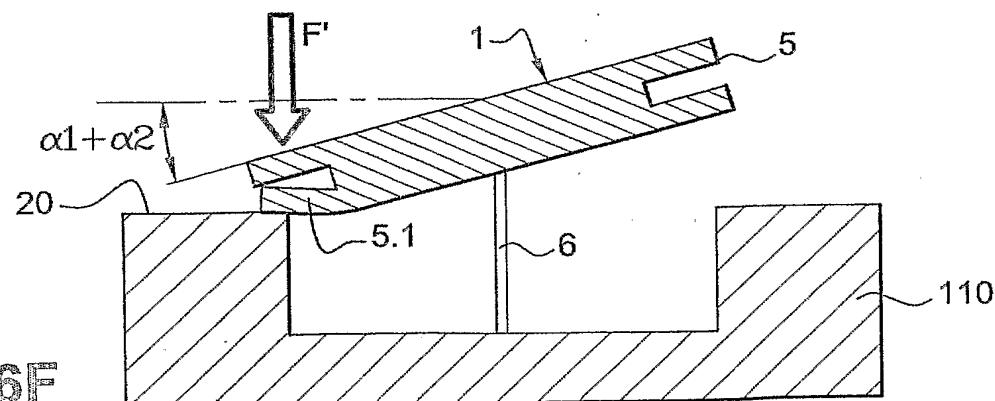


Fig. 6F

8 / 12

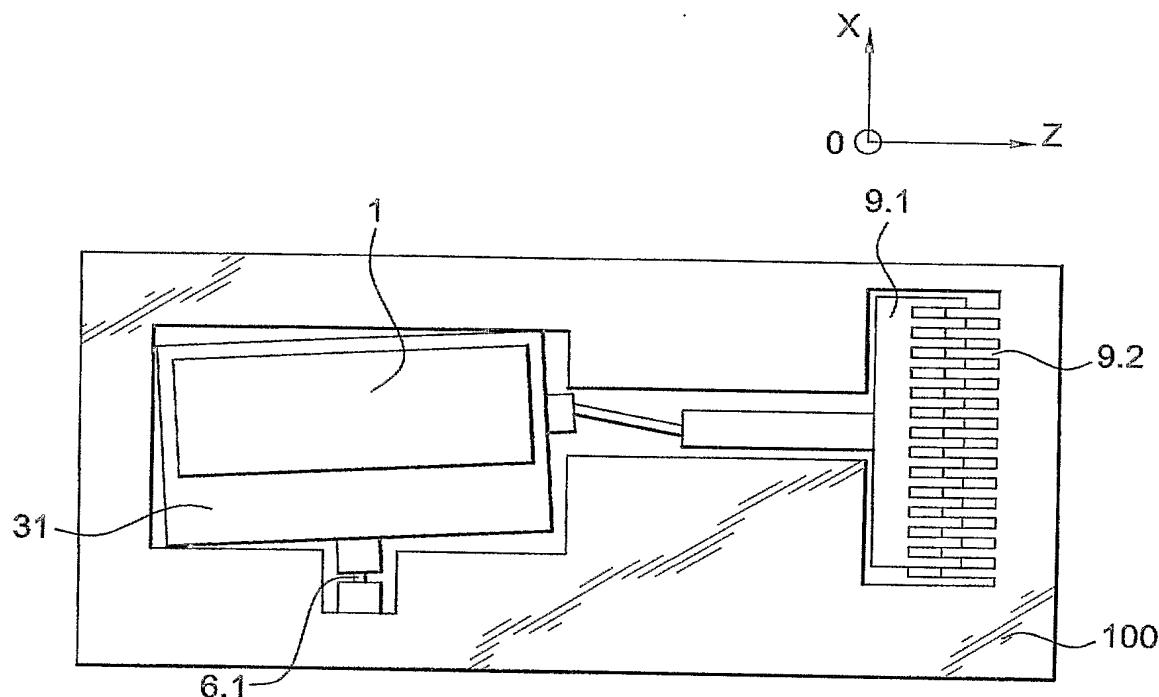


Fig. 7A

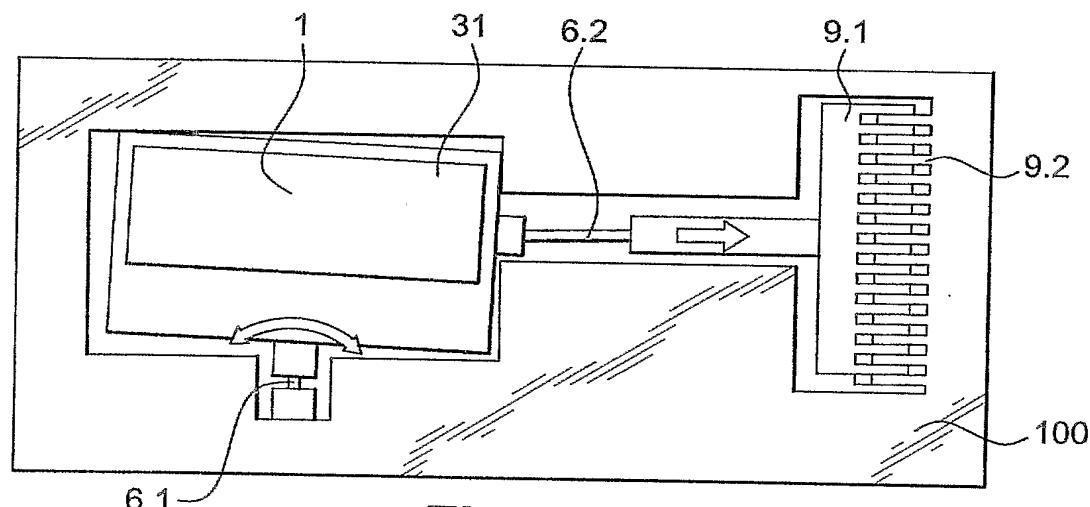


Fig. 7B

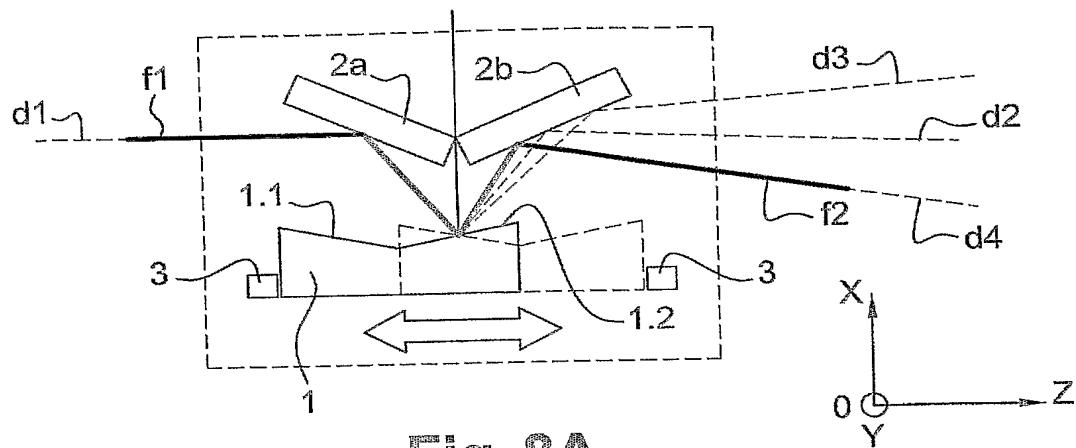


Fig. 8A

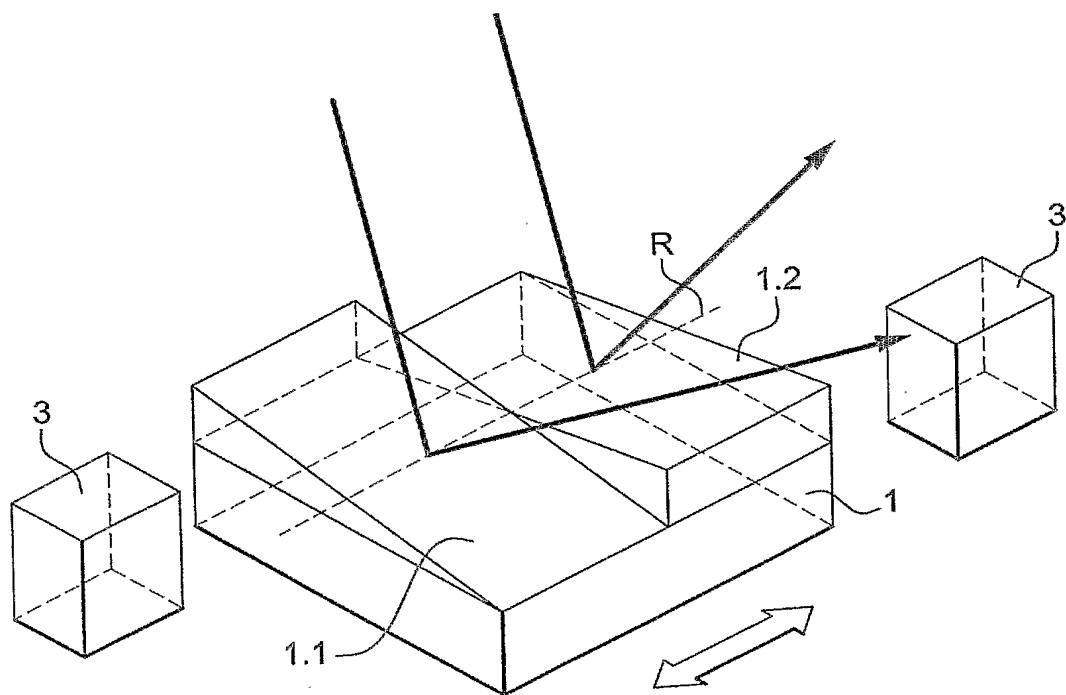


Fig. 8B

10 / 12

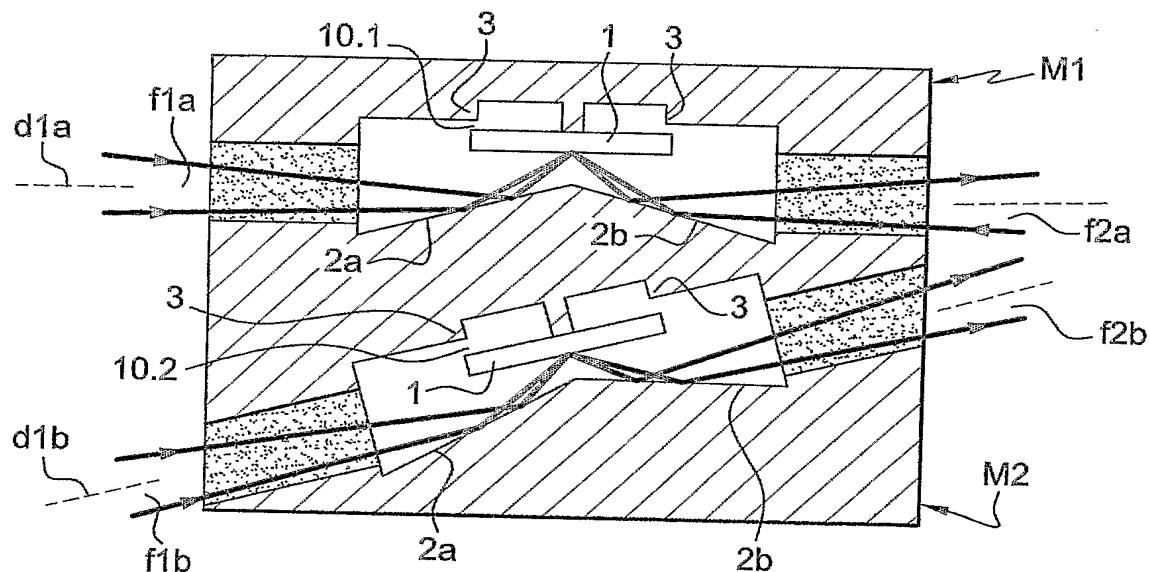


Fig. 9

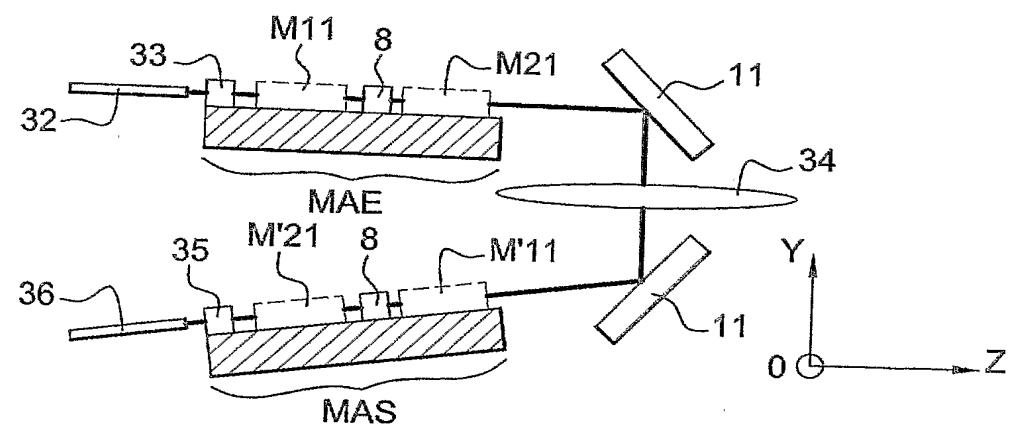
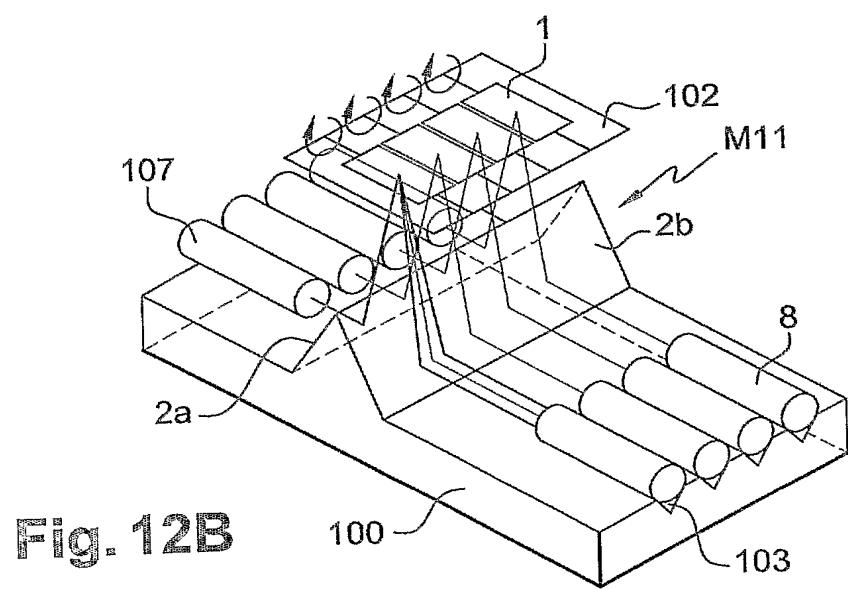
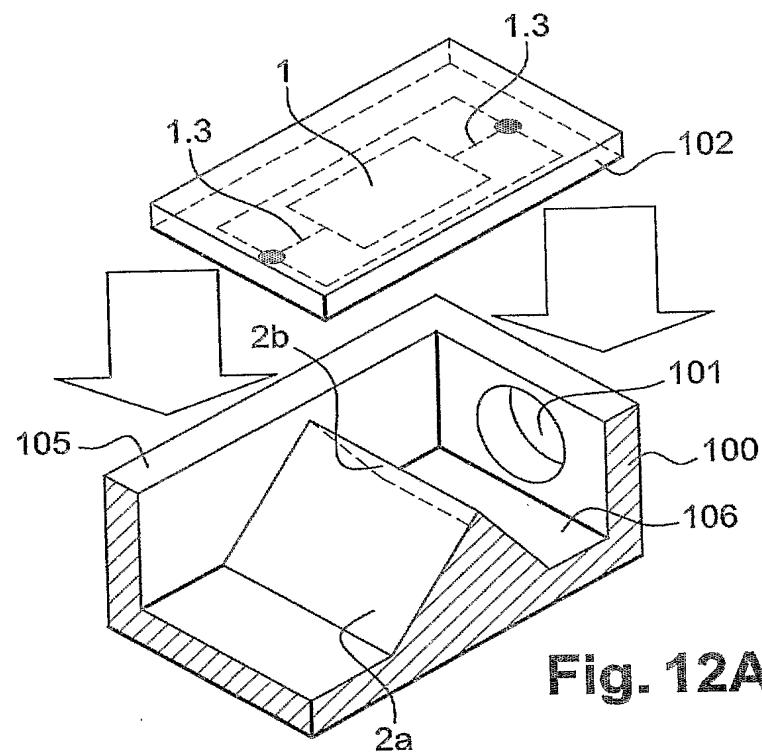


Fig. 10



12 / 12

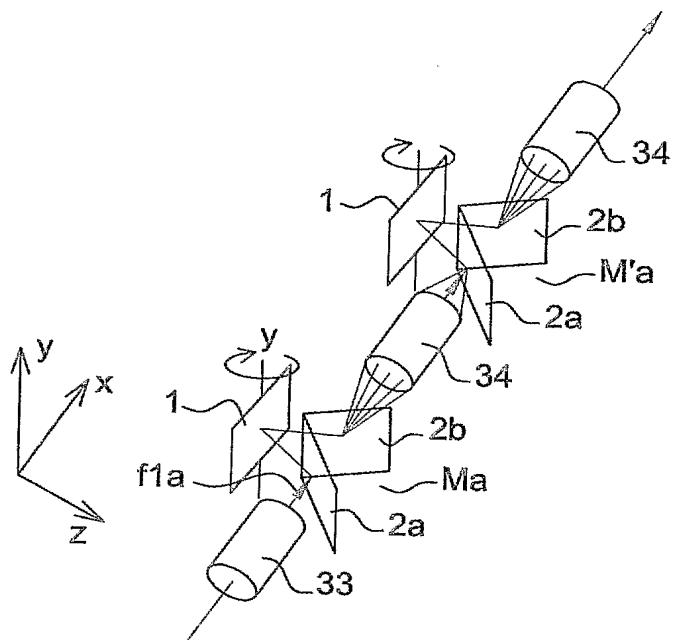


Fig. 11A

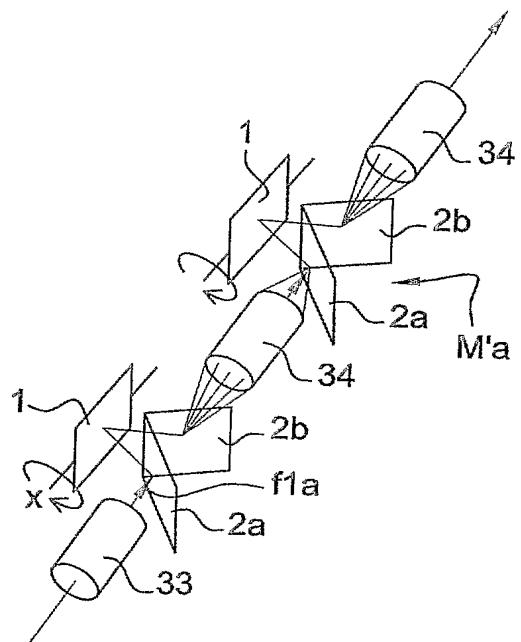


Fig. 11B

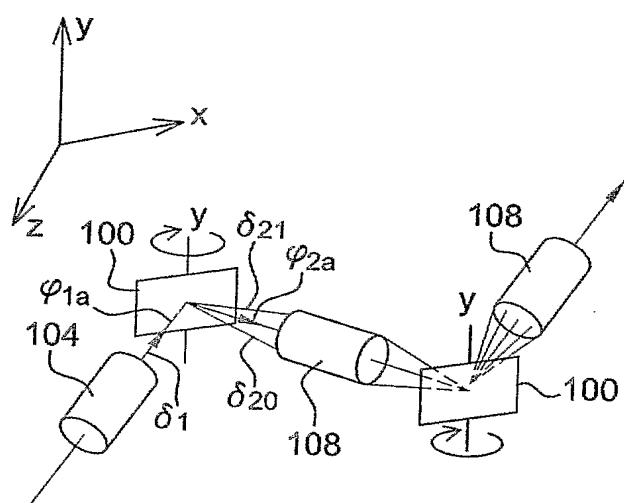


Fig. 13A

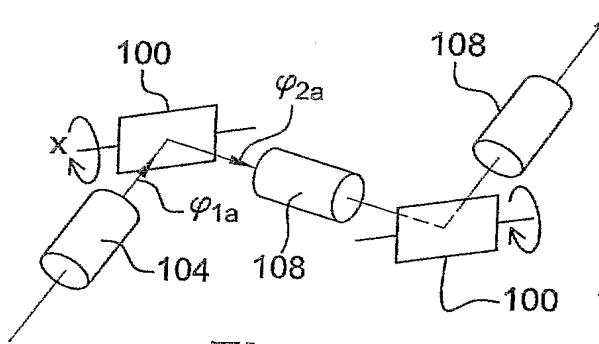
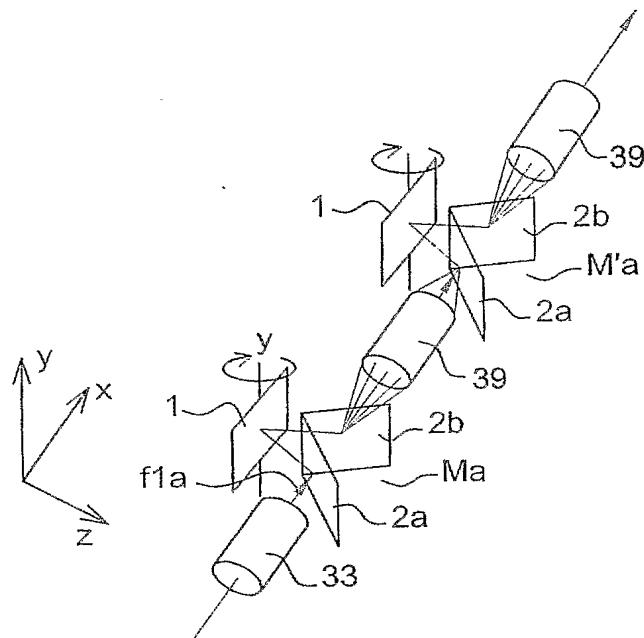
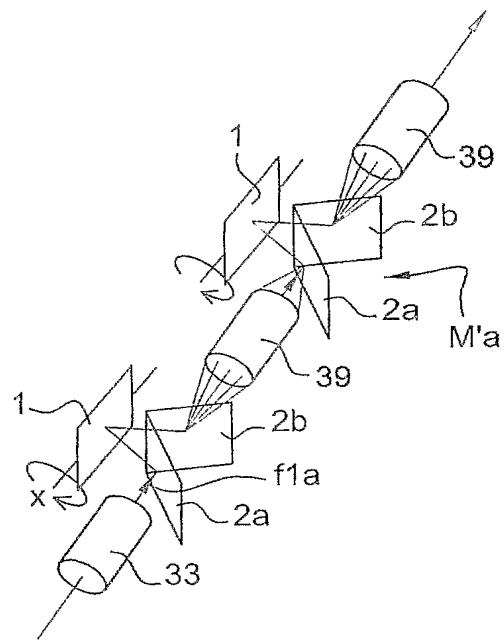
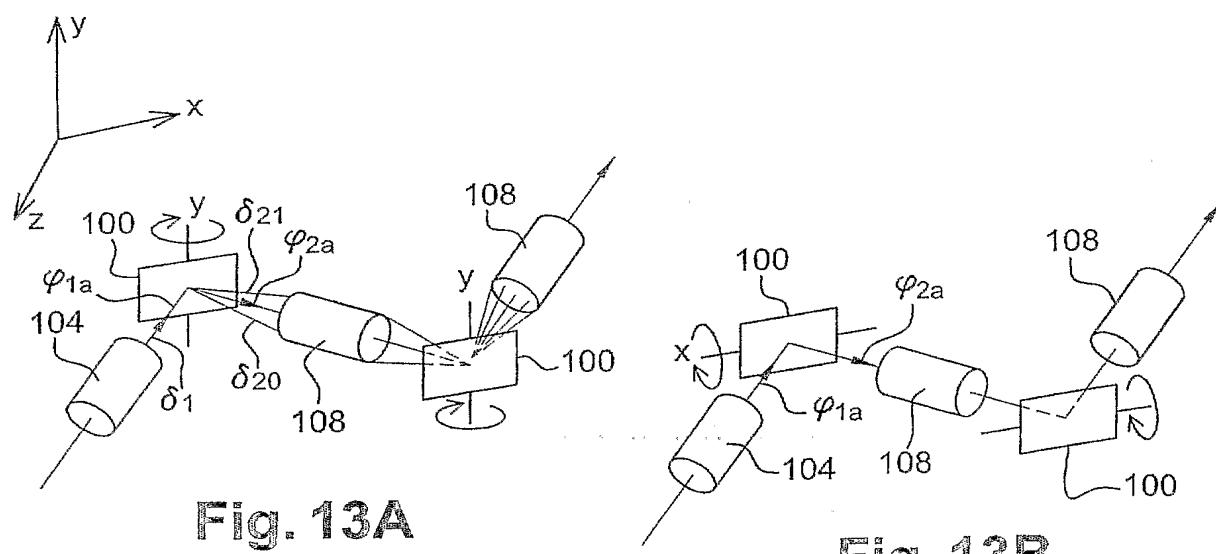


Fig. 13B

12 / 12

**Fig. 11A****Fig. 11B****Fig. 13A****Fig. 13B**



BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITE

Désignation de l'inventeur

Vos références pour ce dossier	B 14434 CS DD 2596
N°D'ENREGISTREMENT NATIONAL	
TITRE DE L'INVENTION	
MODULE DE DEFLEXION OPTIQUE	
LE(S) DEMANDEUR(S) OU LE(S) MANDATAIRE(S):	
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S):	
Inventeur 1	
Nom	MARTINEZ
Prénoms	Christophe
Rue	05, rue André Maginot
Code postal et ville	38000 GRENOBLE - FRANCE
Société d'appartenance	
Inventeur 2	
Nom	VALETTE
Prénoms	Serge
Rue	131, cours de la Libération
Code postal et ville	38100 GRENOBLE - FRANCE
Société d'appartenance	

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire.
Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

Signé par

Signataire: FR, Brevatome, J.Lehu

Emetteur du certificat: DE, D-Trust GmbH, D-Trust for EPO 2.0

Fonction

Mandataire agréé (Mandataire 1)